



ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA E  
FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO DA DUPLICAÇÃO DA BR-163/PR

CURITIBA

2018



DELCIO LUNELLI

RAFAEL MAZZUCO

REGINALDO MARCIO FELISBINO

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA E  
FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO DA DUPLICAÇÃO DA BR-163/PR

Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação  
em Pavimentação Rodoviária apresentado para  
obtenção do grau de especialista.

Prof. Orientador: M.Sc. Paulo Sergio Peterlini

CURITIBA

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA E  
FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO DA DUPLICAÇÃO DA BR-163/PR

Por

DÉLCIO LUIS LUNELLI

RAFAEL MAZZUCO

REGINALDO MARCIO FELISBINO

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO  
DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA, DO  
INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A  
SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR), 03 de março de 2018.

---

Engº M.Sc. Paulo Sergio Peterlini

---

Engº M.Sc. Rafael Rodrigues Teixeira

---

Engº Esp. Gilberto Piva

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter nos concedido saúde e perseverança durante esta longa caminhada.

Ao Grupo IDD, pela disponibilização de suas instalações e corpo docente para o desenvolvimento do trabalho.

Ao nosso orientador Prof. M. Sc. Paulo Sérgio Peterlini, pela disponibilidade, atenção, e conhecimento a nós transmitido durante os anos de 2016, 2017 e início de 2018.

Às nossas insubstituíveis famílias, por terem nos incentivado incondicionalmente durante todo o período da Especialização.

## RESUMO

LUNELLI, Délcio Luis; FELISBINO, Reginaldo Marcio; MAZZUCO, Rafael. **Análise Comparativa de Custos entre Pavimentação Rígida e Flexível: Estudo de Caso da Duplicação da BR-163/PR.** 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Pavimentação Rodoviária) – Grupo IDD. Curitiba, 2018.

A presente pesquisa é uma análise comparativa entre custos estimados para o pavimento rígido projetado em determinado subtrecho da duplicação da BR-163/PR, localizada na região oeste do Paraná, e a execução hipotética do mesmo em pavimento flexível, usualmente com custos menos elevados, porém de manutenção mais frequente durante toda a vida útil de projeto. Os conceitos estudados na fundamentação teórica sustentaram o aprofundamento do conhecimento sobre o tema, permitindo o levantamento de dados no local, a proposição de um dimensionamento flexível por meio do método DNER/1981 e, por fim, o orçamentos dos serviços com o auxílio do SICRO 3 do DNIT. Os resultados foram discutidos apenas sob a perspectiva dos investimentos iniciais e desconsiderando os custos de terraplenagem e projetos complementares (drenagem, sinalização, instalações de apoio, etc.), a fim de sugerir o pavimento mais adequado para a obra nesses aspectos.

**Palavras chave:** Pavimento Rígido; Pavimento Flexível; Custos; SICRO 3.

## **ABSTRACT**

LUNELLI, Délcio Luis; FELISBINO, Reginaldo Marcio; MAZZUCO, Rafael. **Comparative Cost Analysis of Rigid and Flexible Pavement: BR-163/PR Highway Duplication Case Study**. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Pavimentação Rodoviária) – Grupo IDD. Curitiba, 2018.

The present research is a comparative analysis of rigid pavement estimated costs designed to BR-163/PR Highway stretch, located in Paraná western region, and the hypothetical construction of the same stretch in flexible pavement, usually cheaper but more frequent maintenance throughout its useful life. The concepts studied in the theoretical basis supported the increasing knowledge about the subject, allowing local data collection, the recommendation of a flexible dimensioning based on DNER/1981 method and, finally, the services budget applying SICRO 3 from DNIT. The results were discussed only about the initial investments perspective and overlooking earthwork and supplementary projects (drainage, signaling, supporting facilities, etc.) costs, in order to suggest the most appropriate pavement for the construction field on these aspects.

**Keywords:** Rigid Pavement; Flexible Pavement; Costs; SICRO 3.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01 – Respostas mecânicas dos corpos estradais .....                | 21 |
| Figura 02 – Seção transversal típica dos pavimentos .....                 | 21 |
| Figura 03 – Denominação das camadas .....                                 | 29 |
| Figura 04 – Ábaco de dimensionamento.....                                 | 29 |
| Figura 05 – Fator regional dos custos .....                               | 34 |
| Figura 06 – Cadeia produtiva dos materiais asfálticos .....               | 36 |
| Figura 07 – Seção transversal típica de pavimentação rígida .....         | 39 |
| Figura 08 – Perfil das camadas de pavimentação rígida.....                | 40 |
| Figura 09 – Placas de concreto em execução .....                          | 40 |
| Figura 10 – Placas de concreto em execução .....                          | 41 |
| Figura 11 – Placas de concreto em execução .....                          | 41 |
| Figura 12 – Placas de concreto em execução .....                          | 42 |
| Figura 13 – Placas de concreto em execução .....                          | 42 |
| Figura 14 – Placas de concreto em execução .....                          | 43 |
| Figura 15 – Placas de concreto em execução .....                          | 43 |
| Figura 16 – Placas de concreto em execução .....                          | 44 |
| Figura 17 – Placas de concreto em execução .....                          | 44 |
| Figura 18 – Medição do comprimento das placas de concreto .....           | 45 |
| Figura 19 – Medição da largura das placas de concreto .....               | 45 |
| Figura 20 – Medição da espessura das placas de concreto .....             | 46 |
| Figura 21 – Medição do espaçamento entre as barras de transferência ..... | 46 |
| Figura 22 – Pavimento finalizado .....                                    | 47 |
| Figura 23 – Seção transversal típica de pavimentação flexível .....       | 48 |

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 01 – Evolução da malha rodoviária federal .....                      | 18 |
| Quadro 02 – Coeficientes estruturais da norma DNER/81 .....                 | 28 |
| Quadro 03 – Espessura mínima do revestimento betuminoso .....               | 30 |
| Quadro 04 – Equações tarifárias para transporte de materiais asfálticos ... | 36 |
| Quadro 05 – Dimensionamento do pavimento flexível.....                      | 48 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 01 – Distâncias de transporte para pavimentação rígida .....   | 49 |
| Tabela 02 – Distâncias de transporte para pavimentação flexível ..... | 49 |
| Tabela 03 – Custos estimados para pavimentação rígida (16 km) .....   | 50 |
| Tabela 04 – Custos estimados para pavimentação flexível (16 km) ..... | 51 |
| Tabela 05 – Custos estimados para pavimentação rígida (km) .....      | 52 |
| Tabela 06 – Custos estimados para pavimentação flexível (km) .....    | 52 |

## SUMÁRIO

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                       | <b>11</b> |
| 1.1. PROBLEMA DE PESQUISA .....                  | 11        |
| 1.2. HIPÓTESE .....                              | 12        |
| 1.3. OBJETIVOS .....                             | 12        |
| 1.3.1. Objetivo Geral .....                      | 12        |
| 1.3.2. Objetivos Específicos .....               | 12        |
| 1.4. JUSTIFICATIVAS.....                         | 13        |
| 1.4.1. Tecnológicas .....                        | 13        |
| 1.4.2. Econômicas .....                          | 13        |
| 1.4.3. Sociais .....                             | 13        |
| 1.4.4. Ecológicas .....                          | 14        |
| 1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....           | 14        |
| 1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO .....              | 14        |
| <b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>            | <b>16</b> |
| 2.1. ORIGEM E HISTÓRIA DA PAVIMENTAÇÃO.....      | 16        |
| 2.1.1. Pavimentação no Brasil .....              | 17        |
| 2.2. DEFINIÇÃO E FUNÇÕES DOS PAVIMENTOS .....    | 19        |
| 2.3. CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS .....          | 20        |
| 2.4. CAMADAS E COMPLEMENTOS DOS PAVIMENTOS ..... | 21        |
| 2.4.1. Subleito .....                            | 22        |
| 2.4.2. Reforço do Subleito .....                 | 22        |
| 2.4.3. Sub-base .....                            | 23        |
| 2.4.4. Base.....                                 | 23        |
| 2.4.5. Imprimação .....                          | 24        |
| 2.4.6. Pintura de ligação .....                  | 24        |
| 2.4.7. Revestimento .....                        | 24        |

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.8. Juntas de dilatação .....                                            | 25        |
| 2.4.9. Barras de transferência e de ligação.....                            | 25        |
| 2.5. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS.....                                     | 26        |
| 2.5.1. Dimensionamento de Pavimentos Rígidos .....                          | 26        |
| 2.5.2. Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis.....                         | 27        |
| 2.5.2.1. Metodologia Empírica .....                                         | 27        |
| 2.5.2.2. Metodologia Mecanística.....                                       | 30        |
| 2.6. ESTIMATIVAS DE CUSTOS .....                                            | 32        |
| 2.6.1. Metodologia do SICRO 3 .....                                         | 34        |
| 2.6.2. Preços e Origens dos Materiais Asfálticos .....                      | 35        |
| <b>3. MÉTODO DE PESQUISA.....</b>                                           | <b>38</b> |
| 3.1. DIMENSIONAMENTO EM PAVIMENTO RÍGIDO .....                              | 38        |
| 3.2. DIMENSIONAMENTO EM PAVIMENTO FLEXÍVEL .....                            | 47        |
| 3.3. CUSTOS REFERENCIAIS.....                                               | 48        |
| <b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>                        | <b>50</b> |
| 4.1. CUSTOS FINAIS DO PAVIMENTO RÍGIDO.....                                 | 50        |
| 4.2. CUSTOS FINAIS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.....                               | 51        |
| 4.3. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS .....                                    | 51        |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                        | <b>53</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                     | <b>54</b> |
| <b>Apêndice A – Cálculo dos Custos Unitários do Pavimento Rígido .....</b>  | <b>58</b> |
| <b>Apêndice B – Cálculo dos Custos Unitários do Pavimento Flexível ....</b> | <b>65</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, as civilizações arquitetaram diferentes meios de locomoção, os quais tiveram suas tecnologias, inicialmente rudimentares, aprimoradas por meio do desenvolvimento da ciência moderna. No Brasil do século XXI, o transporte é liderado pelo modal rodoviário com 60% das cargas, enquanto os demais (ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo) completam as estatísticas com 21%, 14%, 5% e 1% respectivamente (BERNUCCI et. al., 2006).

A predominância do transporte rodoviário, juntamente com a situação deficiente da rede e o fato dos investimentos na área mostrarem-se menores quando comparados aos demais modais, faz pressupor que os pavimentos rígidos e flexíveis tenham aplicações específicas, cada qual com suas vantagens e desvantagens condicionadas às particularidades de cada obra. Dentre elas, destacam-se a vida útil, a resistência, o consumo de material, o tempo e a complexidade de execução, o custo, os impactos sócio-ambientais, e a segurança da via durante sua operação.

Nesta análise de viabilidade, os autores estimam os custos dos dois métodos de pavimentação, aplicando os conceitos na forma de estudo de caso para uma rodovia federal em duplicação. Trata-se da BR-163/PR, uma ligação de grande importância para as regiões oeste e sudoeste do Paraná, tendo em vista a transposição por estados tradicionalmente agropecuaristas, tais como Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul ao norte e ao sul Santa Catarina indo até a fronteira com a Argentina.

### 1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Em função dos custos inerentes da metodologia executiva diferenciada e da natureza dos materiais constituintes, o valor por metro quadrado dos investimentos direcionados a obras em pavimento rígido é dito, via de regra, superior ao custo unitário daquelas dimensionadas em pavimento flexível. Para a duplicação da BR-163/PR em execução em pavimento rígido no subtrecho em estudo, seria o revestimento do pavimento flexível mais viável sob a ótica financeira?

## 1.2. HIPÓTESE

A individualidade de cada obra conduz a suposições associadas a uma possível maior viabilidade econômica do pavimento rígido em detrimento ao flexível?

## 1.3. OBJETIVOS

Neste tópico, serão mencionados os objetivos gerais e específicos do presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

### 1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do presente TCC é comparar os custos relacionados à execução do pavimento rígido ora em execução com um suposto pavimento flexível dimensionado na duplicação da BR-163/PR, considerando apenas as camadas de sub-base, base e revestimento.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Estudar os pavimentos rígidos e flexíveis, com enfoque principal nos métodos de dimensionamento PCA/84 e DNER/1981;
- b) Realizar *in loco* o levantamento das dimensões da estrutura do pavimento rígido ora em execução na duplicação da BR-163/PR;
- c) Propor o dimensionamento em pavimento flexível pelo método do DNER/1981 para o mesmo subtrecho em estudo; e
- d) Aplicar os conceitos estudados para a comparação de custos entre as alternativas.

## 1.4. JUSTIFICATIVAS

O perecimento da malha rodoviária brasileira e a reduzida disponibilidade orçamentária do Estado impulsionam a produção de estudos acadêmicos voltados para a viabilidade tecnológica, econômica, social e ecológica das soluções construtivas disponíveis. Os subtópicos elencados na sequência desenvolvem individualmente cada motivação.

### 1.4.1. Tecnológicas

O pavimento flexível desponta como preferência histórica no país, mas seu predomínio vem sendo gradualmente balanceado por algumas obras executadas com pavimento rígido, conceitualmente mais durável e de manutenção menos recorrente.

### 1.4.2. Econômicas

As variações nas disponibilidades de insumos e mão-de-obra qualificada próximos à região de implantação influenciam nos orçamentos, tornando a singularidade de cada obra relevante na tomada de decisão dos gestores.

### 1.4.3. Sociais

As despesas governamentais, e até mesmo as do setor privado, refletem direta ou indiretamente na saúde financeira da população como unidade nacional. O bem-estar social também está intimamente conectado à geração de empregos, mais significativa quando da aplicação sustentável dos recursos.

#### 1.4.4. Ecológicas

O senso comum, por sua vez, ocasionalmente pode condenar o uso de cimento asfáltico de petróleo como um derivado nocivo à natureza. A sentença pode ser verdadeira, mas também injusta quando não apresenta os impactos ambientais desencadeados pelos constituintes do pavimento rígido.

### 1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No estudo de caso referente às obras de duplicação da BR-163/PR, localizada na região oeste do Estado do Paraná foi adotado um procedimento metodológico da pesquisa, cujo roteiro de execução consiste em revisão bibliográfica, consultas a projetos de engenharia, medições no local da obra, entrevistas com profissionais envolvidos na execução, e elaboração de orçamentos.

### 1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo 1, **Introdução**, faz-se uma contextualização geral do assunto abordado, define-se o problema de pesquisa, a hipótese e os seus objetivos, apresentando posteriormente justificativas para a realização do estudo.

No Capítulo 2, **Fundamentação Teórica**, incorpora-se conceitos da literatura pertinentes ao tema, abrangendo desde a origem e história da pavimentação, funções, camadas, classificação e dimensionamento dos pavimentos até os aspectos relacionados à estimativa de custos.

No Capítulo 3, **Método de Pesquisa**, aprofunda-se a metodologia aplicada na elaboração do trabalho, garantindo sua reprodutibilidade no plano científico e evitando erros reincidentes. Em paralelo, apresenta-se o estudo de caso alvo da investigação.

No Capítulo 4, **Apresentação e Análise dos Resultados**, avaliam-se dois dimensionamentos possíveis: o real em execução em pavimento rígido e um suposto

pavimento flexível dimensionado. Por fim, examinam-se os custos de materiais e serviços estimados em tabelas referenciais, de maneira a identificar a opção com a melhor viabilidade técnica e econômica para trecho em estudo.

No Capítulo 5, **Considerações Finais**, apresenta-se as conclusões e considerações obtidas com o trabalho e proposições para novos estudos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo abordará uma análise histórica, funcional, estrutural e econômica das diferenças e semelhanças entre o pavimento rígido e flexível. Em sua essência, uma fundamentação teórica pretende reunir informações extraídas de artigos acadêmicos, livros publicados no ramo e estudos de órgãos públicos como pode ser visto adiante.

### 2.1. ORIGEM E HISTÓRIA DA PAVIMENTAÇÃO

Normalmente planejadas para o acesso às áreas cultiváveis, fontes de recursos e expansão territorial, uma das mais antigas estradas pavimentadas não se destinou a veículos com rodas, mas sim a trenós transportadores de cargas. Para a construção das pirâmides no Egito (2600-2400 a.C.), foram construídas vias com lajões justapostos em base com boa capacidade de suporte. O atrito era amenizado com umedecimento constante por meio de água, azeite ou musgo molhado (SAUNIER apud BERNUCCI, 2006).

Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. Como os pavimentos, a história também é construída em camadas e, freqüentemente, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí serem uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas (BERNUCCI et. al., 2006).

Mais tarde, os romanos as aperfeiçoaram instalando pavimentos e drenagem com o objetivo de aumentar sua durabilidade. Estes caminhos pavimentados se tornaram tão importantes para a sociedade romana que por solicitação do Senado e da própria população, o senhor de Roma passou a ser responsável pela manutenção das vias de circulação (ROSTOVTZEFF apud MEZZOMO, 2014).

Embora seja reconhecida a existência remota de sistemas de estradas em diversas partes do globo, construídas para fins religiosos (peregrinações) e

comerciais, foi atribuída aos romanos a arte maior do planejamento e da construção viária. Visando, entre outros, objetivos militares de manutenção da ordem no vasto território do império, deslocando tropas de centros estratégicos para as localidades mais longínquas, os romanos foram capazes de implantar um sistema robusto construído com elevado nível de critério técnico (BERNUCCI et. al., 2006).

A Via Ápia, em especial a mais famosa das vias romanas, foi a primeira a ser nomeada em homenagem ao seu construtor, Appius Claudius. Dentre outros exemplos de importantes estradas da antiguidade, devido às suas relevâncias para o desenvolvimento daquelas sociedades, destacam-se: a Estrada de Semíramis na Babilônia (atual Oriente Médio), a Estrada Real (ligação entre o Império Grego e o Império Persa pela Ásia Menor), a Estrada de Susa até Persépolis (atual Irã), e diversos velhos caminhos na Índia e China (por exemplo, a Estrada da Seda). Muitas delas transformaram-se em vias contemporâneas asfaltadas (BERNUCCI et. al., 2006).

Hoje, os Estados Unidos da América são donos da maior malha rodoviária do mundo com 6.548.266 km de rodovias – das quais apenas 65,3% são pavimentadas) – seguidos por Índia (3.454.940 km) e China (3.314.211 km). França, Alemanha, Itália, Reino Unido, Holanda e Suíça, embora desponham com extensões menores, têm 100% de suas estradas pavimentadas (PETERLINI, 2018).

#### 2.1.1. Pavimentação no Brasil

Os relatos das primeiras estradas brasileiras fazem menção ao caminho aberto para ligar a Capitania de São Vicente ao Planalto Piratininga – futuramente denominada Estrada do Mar ou Caminho do Mar – e à Estrada do Ouro entre Paraty (RJ) e Ouro Preto (MG). Esta última, também conhecida como Estrada Real, era destinada ao transporte de ouro das minas no século XVIII, melhorada durante o ciclo café no século XXI e hoje é atração turística dessa importante veia histórica do país (BERNUCCI et. al., 2006).

Ainda de acordo com BERNUCCI et. al. (2006), a apatia recorrente no desenvolvimento dos transportes no Brasil durante Império (1822-1889) foi interrompida somente em 1937 com a criação do Departamento Nacional de Estradas

de Rodagem (DNER), subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas (MVOP). Os mesmos autores destacam também o grande impulso no rodoviarismo brasileiro que ocorreu nas décadas de 1950 e 1960, com a criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946 e a política de incentivos econômicos do governo Juscelino Kubitschek (1956-1961), e nos vinte anos seguintes ao seu mandato, quando a expansão da malha pavimentada atingiu a ordem de 12% anuais.

Atualmente, o subsídio disponibilizado à administração pública do setor rodoviário provém de recursos orçamentários anuais escassos, insuficientes para atender à infraestrutura e de financiamentos bancários de desenvolvimento (BERNUCCI et. al., 2006).

A estagnação nos investimentos governamentais é ilustrada no Quadro 01 do Anuário Estatístico de Transportes, por meio dos dados evolutivos, os quais indicam um crescimento modesto de 0,87% nos sete últimos anos da rede rodoviária federal.

Quadro 01 – Evolução da malha rodoviária federal

| Ano  | Pavimentada (km) | Não-Pavimentada (km) | Total (km) | Crescimento |
|------|------------------|----------------------|------------|-------------|
| 2010 | 62.093,20        | 13.759,20            | 75.852,40  | -           |
| 2011 | 63.965,60        | 12.975,10            | 76.940,70  | 1,43%       |
| 2012 | 64.721,30        | 12.808,60            | 77.529,90  | 2,21%       |
| 2013 | 64.920,60        | 12.540,80            | 77.461,40  | 2,12%       |
| 2014 | 66.274,80        | 12.793,30            | 79.068,10  | 4,24%       |
| 2015 | 64.894,60        | 11.459,20            | 76.353,80  | 0,66%       |
| 2016 | 64.846,20        | 11.668,70            | 76.514,90  | 0,87%       |

Fonte: BRASIL (2017)

Iniciados em 1996, os programas de concessões vêm apresentando rodovias com qualidade superior àquela apresentada nas estradas não concessionadas, num claro indício de que há tecnologia suficientemente avançada no país para a execução de obras duráveis e de grande conforto ao rolamento (BERNUCCI et. al., 2006). Em contrapartida, sem a garantia de tráfego mínimo, os riscos para o concessionário privado apresentam-se excessivamente altos em função da grande suscetibilidade a erros nas previsões de tráfego originais (BRANDÃO e CURY, 2006). Se esse volume não for atingido, e por consequência houver diferença entre o valor ideal e o valor

efetivamente arrecadado pelo pedágio, o governo é obrigado a conceder subsídios para sustentar o equilíbrio econômico-financeiro do contrato (PIRES e GIAMBIAGI, 2000).

## 2.2. DEFINIÇÃO E FUNÇÕES DOS PAVIMENTOS

Define-se como pavimento toda estrutura composta de múltiplas camadas de espessuras variáveis assentes sobre um subleito previamente regularizado, com o objetivo de resistir aos esforços provenientes do tráfego, bem como do clima, proporcionando aos usuários a melhoria nas condições de segurança, economia e conforto (DNIT apud MEZZOMO, 2014).

Senço (2007), em uma de suas obras mais consagradas, apresenta três das principais atribuições dos pavimentos. São elas:

- a) resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los;
- b) melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança;
- c) resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento.

Mais do que tudo, o pavimento deve proporcionar a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular, mais aderente e menos ruidosa, garantindo assim melhor conforto no deslocamento do veículo, mais segurança em condições de umidade e melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais. Ainda, proporcionando uma melhor condição de rolamento, automaticamente se proporciona aos usuários uma expressiva redução nos custos operacionais, tendo em vista que os custos de operação e manutenção dos veículos são diretamente ligados às condições de superfície dos pavimentos (BALBO apud VASATA e SILVA JUNIOR, 2013).

### 2.3. CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

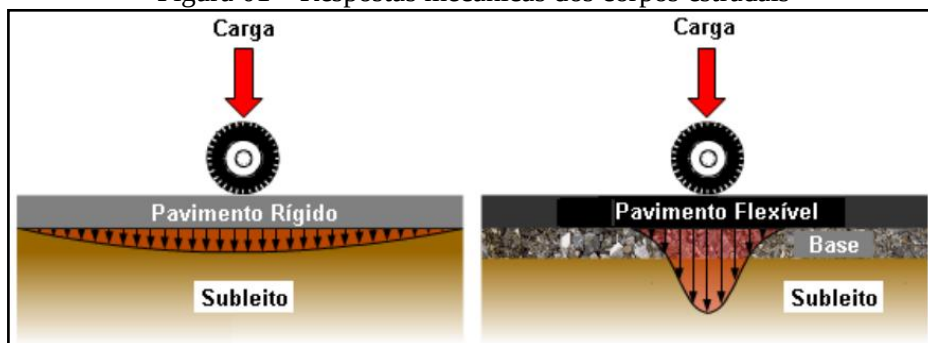
Segundo o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2006), os pavimentos podem ser divididos em três classificações:

- a) Flexível: aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Como exemplo típico, cita-se o pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica;
- b) Semi-Rígido: caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias, por exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica;
- c) Rígido: aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Como exemplo, o manual aponta para um pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

Cooperando com o entendimento do principal órgão executor do Ministério dos Transportes, Balbo (2007) elucida que as designações simbolizam tanto as reações estruturais dos materiais isoladamente, como as respostas do sistema como um todo.

Os esforços externos responsáveis por tais reflexos são distribuídos para o corpo estradal de diferentes maneiras, ou seja, na forma de pressões concentradas para pavimentos flexíveis e pressões distribuídas para pavimentos rígidos. (SENÇO, 2007). A ilustração da Figura 01 traduz a resposta mecânica em ambos os casos (BERNUCCI et. al., 2006).

Figura 01 – Respostas mecânicas dos corpos estradais



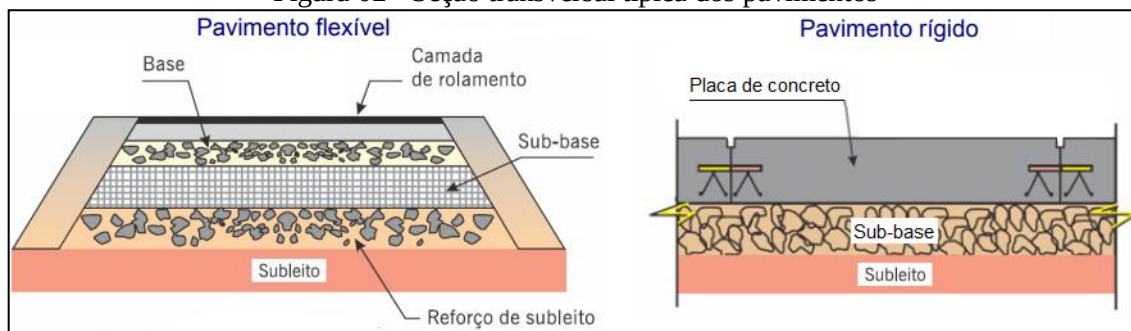
Fonte: BERNUCCI et. al. (2006)

Logicamente, as classificações mencionadas são expandidas para grupos mais específicos. Enquanto os pavimentos flexíveis dividem-se em betuminosos (por penetração ou por mistura) e por calçamento (alvenaria poliédrica ou paralelepípedos), os pavimentos rígidos englobam apenas as tecnologias de concreto cimento e macadame cimentado (DNIT, 2006).

## 2.4. CAMADAS E COMPLEMENTOS DOS PAVIMENTOS

Uma seção transversal típica de um pavimento – com todas as camadas possíveis – consta de uma fundação, o subleito, e de camadas com espessuras e materiais determinados por um dos inúmeros métodos de dimensionamento (SENÇO, 2007). A ilustração da Figura 02 mostra seções transversais dos dois tipos de pavimentos (BIANCHI et. al., 2008).

Figura 02 - Seção transversal típica dos pavimentos



Fonte: BIANCHI et. al. (2008)

Os pavimentos asfálticos são normalmente constituídos de quatro camadas: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito. Nos pavimentos de concreto, a camada de sub-base pode ser executada com material granular, à semelhança dos pavimentos asfálticos, ou com concreto compactado com rolo, em função do tráfego solicitante e da vida útil desejada (DNIT, 2017).

#### 2.4.1. Subleito

É o terreno de fundação do pavimento. Se a terraplenagem é recente, o subleito deverá apresentar as características geométricas definitivas. No caso de uma estrada de terra já em uso há algum tempo e que se pretende pavimentar, o subleito apresenta superfície irregular devido ao próprio uso e aos serviços de conservação (SENÇO, 2007).

Para Balbo (2007), o subleito é constituído de material natural, consolidado e compactado, ou pode ser composto também por material transportado e posteriormente compactado. Porém, o solo não pode ser expansivo, condição esta que deve ser verificada por meio da aplicação da NBR 9895/1987 – Solo – Índice de Suporte Califórnia (VASATA e SILVA JUNIOR, 2013).

#### 2.4.2. Reforço do Subleito

É a camada de espessura constante, construída, se necessário, acima da regularização, com características tecnológicas superiores às do material do subleito e inferiores às da camada imediatamente superior, ou seja, a sub-base. Além de permitir a redução da espessura da sub-base, o reforço do subleito também resiste e distribui esforços verticais, não tendo as características de absorver definitivamente esses esforços, o que é característica específica do subleito (SENÇO, 2007).

Os materiais normalmente utilizados são solos ou misturas de solos, extraídos de jazidas. O Sistema de Custos Referenciais de Obras 3 (SICRO 3)

apresenta uma composição de custo para o serviço de reforço do subleito: Reforço do subleito com material de jazida produzido (DNIT, 2017).

#### 2.4.3. Sub-base

É a camada complementar à base, quando por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito (SENÇO, 2007). Tem como função básica resistir às cargas transmitidas pela base e controlar a ascensão capilar da água, quando for o caso (DNIT, 2017).

O SICRO 3 apresenta composições de custos para os seguintes tipos de sub-base: sub-bases de solo estabilizado granulometricamente sem mistura, com mistura de solos, com mistura solo-areia, com mistura solo-brita, com mistura solo-brita-cimento, e com mistura solo-escória de aciaria; sub-base de solo melhorado com cimento; sub-base de solo-cimento; sub-bases de brita graduada, e brita graduada tratada com cimento; sub-bases de concreto compactado com rolo, concreto de cimento, e concreto adensado por vibração; sub-bases de macadame hidráulico, e macadame seco (DNIT, 2017).

#### 2.4.4. Base

Para Senço (2007), é a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los. Geralmente é construída com materiais estabilizados granulometricamente ou quimicamente, através de aditivos como cal, cimento, betume, entre outros (DNIT, 2017).

O SICRO 3 apresenta composições de custos para os seguintes tipos de base: bases de solo estabilizado granulometricamente sem misturas, com mistura de solos, com mistura solo-areia, com mistura solo-brita, com mistura solo-brita-cimento, e com mistura solo-escória de aciaria; base de solo melhorado com cimento; base de

solo-cimento; bases de brita graduada, e brita graduada tratada com cimento; bases de macadame hidráulico, e macadame seco (DNIT, 2017).

#### 2.4.5. Imprimação

A imprimação consiste na aplicação de camada de material asfáltico sobre a superfície da base concluída, antes da execução de um revestimento asfáltico qualquer, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilização e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado. O ligante mais comum para execução da imprimação é o asfalto diluído CM-30 (DNIT, 2017).

#### 2.4.6. Pintura de ligação

A pintura de ligação consiste na aplicação de ligante asfáltico sobre a superfície de base ou revestimento asfáltico anterior à execução de uma camada asfáltica qualquer, objetivando promover condições de aderência entre as mesmas. O SICRO 3 apresenta duas composições de custos para os serviços de pintura de ligação: uma utilizando ligante asfáltico convencional (emulsão RR-1C) e outra empregando emulsão modificada por polímero (RR-2C com polímero) (DNIT, 2017).

#### 2.4.7. Revestimento

Também chamado de capa de rolamento, é a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do tráfego e destinada a melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, ou seja, aumentando a durabilidade da estrutura (SENÇO, 2007). Segundo Trombetta (2010), também tem a função de proteger as camadas inferiores.

No sistema de pavimentação flexível, o concreto asfáltico é uma mistura espalhada e compactada a quente, composta de agregado graduado, material de enchimento (filler) e cimento asfáltico de petróleo (CAP). O SICRO 3 apresenta

composições de custos para os seguintes tipos de concreto asfáltico: concreto asfáltico simples, concreto asfáltico com asfalto polímero, concreto asfáltico com borracha, e concreto asfáltico reciclado em usina com adição de asfalto, todos distribuídos em categorias de metodologia de extração dos agregados e faixas A, B e C (DNIT, 2017).

Já nos pavimentos de concreto, o revestimento é constituído de placas de concreto de cimento Portland, não armadas ou eventualmente com armadura sem função estrutural, executadas sobre uma camada designada de sub-base, dispensando a execução da camada de base. O SICRO 3 apresenta composições de custos para os seguintes tipos de pavimentos de concreto: com equipamento de pequeno porte; com equipamento forma-trilho; com equipamento de forma deslizante, e concreto compactado com rolo (DNIT, 2017).

#### 2.4.8. Juntas de dilatação

O papel das juntas nos pavimentos de concreto simples é essencial ao seu bom comportamento futuro, pois são os pontos fracos dos pavimentos e, como tais, requerem precauções e precisão tanto no projeto quanto na execução. Elas podem ser divididas e classificadas conforme a posição (transversais e longitudinais) e a função (de retração, de construção, de articulação e de expansão) (ABCP, 1998).

A selagem dessas juntas – transversais ou longitudinais, serradas ou moldadas – configura uma prática que pretende impedir a infiltração de água e de materiais sólidos (areia e pequenos pedregulhos) através delas. Um material selante de funcionamento apropriado deverá, portanto, possuir propriedades físico-químicas e mecânicas que lhe propiciem longa vida de serviço e resistência às solicitações e situações causadoras dos defeitos e falhas (ABCP, 1998).

#### 2.4.9. Barras de transferência e de ligação

Em certas situações de projeto é necessário dotar as juntas transversais de um dispositivo artificial que, reduzindo a tendência da junta promover a

transferência de carga de uma para a outra placa, alivia-a e melhora seu comportamento estrutural e durabilidade. As barras de transferência, que cumprem essa função específica, devem ser obrigatoriamente de aço, lisas e retas. Para permitir a movimentação da junta quando das futuras variações térmicas, terão uma de suas metades pintada ou engraxada (ABCP, 1998).

Já as barras de ligação compõem um mecanismo que, introduzido na meia-seção de uma junta longitudinal, permite manter fortemente ligadas as faixas longitudinais contínuas de concretagem, colaborando ainda com a transferência de carga entre as placas vizinhas e alívio de tensões na região da junta. Devem ser barras de aço de bitola, comprimento e espaçamento previstos em projeto (sem restrições quanto ao tipo de aço), limpas e isentas de qualquer substância que dificulte ou impeça a aderência entre elas e o concreto que as envolverá (ABCP, 1998).

## 2.5. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS

### 2.5.1. Dimensionamento de Pavimentos Rígidos

O Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT (2005) apresenta duas metodologias consagradas de cálculo, ambas elaboradas pela *Portland Cement Association* (PCA). Apresentada em 1966 e largamente adotada no Brasil, a primeira versão tinha como premissas básicas as características do concreto, o suporte da fundação, as tensões devidas às cargas de tráfego e os fatores de segurança. A segunda versão de 1984 introduziu os progressos e conhecimentos obtidos nos dois últimos decênios nas áreas de cálculo de tensões, projeto geométrico, construção e gerência desse tipo de pavimento, acrescentando novos enfoques e modificando profundamente o método adotado desde 1966. Sua aplicação é viável tanto para pavimentos de concreto simples e com barras de transferência, como para aqueles dotados de armadura distribuída, descontínua ou contínua, sem função estrutural.

Ao contrário da versão de 1966, baseado nos modelos estruturais de placas com suporte contínuo, na nova versão de 1984 emprega-se a análise estrutural de

elementos finitos. Também são considerados os efeitos, por exemplo: do tipo e grau de transferência de carga nas juntas transversais; da existência ou não de acostamentos de concreto; da contribuição estrutural das sub-bases de concreto pobre rolado ou convencional, ou então sub-bases tratadas com cimento; e da ação dos eixos tandem triplos (DNIT, 2005).

O método PCA/84 se baseia em quatro pontos: a) estudos teóricos clássicos sobre o comportamento de placas de concreto e modernas análises computacionais empregando elementos finitos; b) ensaios de laboratório e em modelos, sobre comportamento e influência de juntas, sub-bases e acostamentos no desempenho de pavimentos de concreto; c) pistas experimentais, especialmente da AASHO (hoje, AASHTO), além de estudos levados a efeito por diversos órgãos rodoviários e aeroportuários; d) observação metódica de pavimentos em serviço. A conexão entre essas informações, necessária para a concepção de um procedimento de dimensionamento dito mecanístico (em contraposição aos métodos empíricos), no qual se integram os distintos parâmetros, é resolvida pela aplicação de uma análise muito abrangente das tensões e deformações em um modelo que emprega elementos finitos e trabalha com: a) as propriedades do concreto; b) o tipo e o suporte da fundação; c) o carregamento, introduzindo o estudo da influência do tipo de transmissão de carga nas juntas transversais, bordas longitudinais e trincas, por entrosagem de agregados, barras de transferência ou outro dispositivo; d) dos acostamentos de concreto; e) posição da carga (DNIT, 2005).

A fundamentação da versão de 1984 se traduz, então, nos seus parâmetros de composição: modelos de ruína (fadiga e erosão), tipos de pavimentos, distribuição do tráfego, características do concreto, acostamentos de concreto, sub-bases tratadas com cimento, barras de transferência, empenamento do concreto, e fatores de segurança para as cargas (DNIT, 2005).

## 2.5.2. Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis

### 2.5.2.1. Metodologia Empírica

Desenvolvida na *California Division of Highway* por O. J. Porter na década de 30, a base para o método foi consolidada e extrapolada para aeroportos por Turnbull, Foster e Ahlvin, do *USA – Corps of Engineers (USACE)* durante a Segunda

Guerra Mundial, aproveitando dados obtidos na Pista Experimental da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Em 1964 e 1965, o Eng. Murillo Lopes de Souza adapta a metodologia às condições brasileiras e método do DNER/1966 é oficializado. Algumas alterações ocorreram ao longo dos anos, sendo a última atualização datada de 1981 com a publicação nº 667/22 do Instituto de Pesquisas Rodoviárias do DNER denominada Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis (DNER, 1981).

No método DNER/1981, a espessura total do pavimento é calculada em termos de material granular com coeficiente de equivalência estrutural “k”, de acordo com o Quadro 02 (DNIT, 2006).

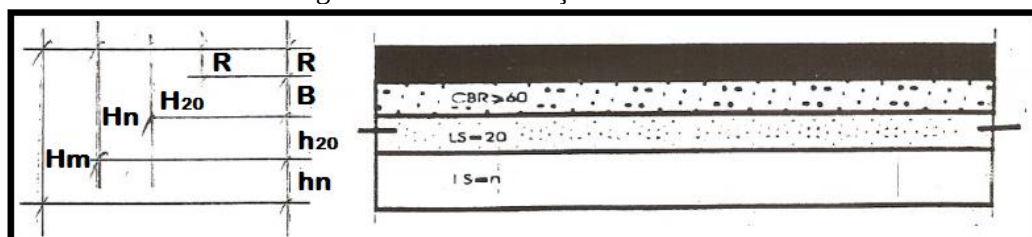
Quadro 02 – Coeficientes estruturais da norma DNER/81

| Material                                          | Coeficiente Estrutural (k) |
|---------------------------------------------------|----------------------------|
| Base Granular                                     | 1,00                       |
| Sub-Base Granular                                 | 0,77                       |
| Reforço (2º Sub-Base)                             | 0,71                       |
| Solo Cimento                                      |                            |
| $R7 > 45 \text{ kgf/cm}^2$ (aos 7 dias)           | 1,70                       |
| $R7 \geq 21 \text{ kgf/cm}^2$ (aos 7 dias)        | 1,40                       |
| $R7 < 21 \text{ kgf/cm}^2$ (aos 7 dias)           | 1,00                       |
| Concreto Asfáltico                                | 2,00                       |
| Pré Misturado à Quente                            | 1,70                       |
| Pré Misturado à Frio                              | 1,40                       |
| Macadame Betuminoso por Penetração Direta         | 1,20                       |
| Tratamentos Superficiais por Penetração Invertida | 1,20                       |

Fonte: DNER (1981)

Em função do número “N”, correspondente ao número de repetições do eixo padrão (eixo simples de rodas duplas de 8,2 tf) durante a vida útil de projeto, e da capacidade de suporte do subleito e materiais constituintes do pavimento, representados pelo Índice de Suporte Califórnia (ISC/CBR), determina-se a espessura total “Ht” e as espessuras Hm, Hn e H20, conforme esquematizado na Figura 03, por meio da Equação 01 ou do ábaco apresentado na Figura 04 (DNER, 1981).

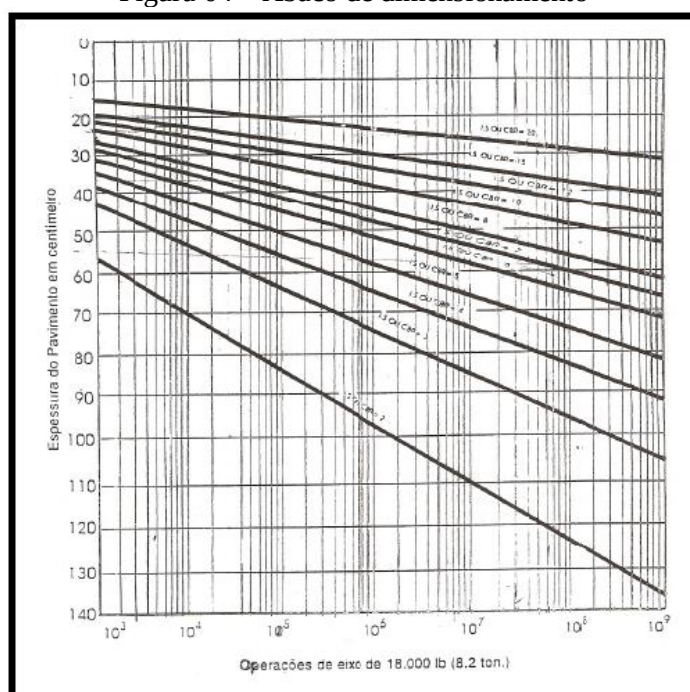
Figura 03 – Denominação das camadas



Fonte: DNER (1981)

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (\text{Eq. 01})$$

Figura 04 – Ábaco de dimensionamento



Fonte: DNER (1981)

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão. As espessuras são as recomendadas de acordo com o que consta no Quadro 03, visando especialmente às bases de comportamento puramente granular e são definidas pelas observações efetuadas. (DNER, 1981).

Quadro 03 - Espessura mínima do revestimento betuminoso

| N                             | Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso (R)   |
|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| $N \leq 10^6$                 | Tratamentos superficiais betuminosos              |
| $10^6 < N \leq 5 \times 10^6$ | Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura |
| $5 \times 10^6 < N \leq 10^7$ | Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura       |
| $10^7 < N \leq 5 \times 10^7$ | Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura      |
| $N > 5 \times 10^7$           | Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura      |

Fonte: DNER (1981)

Conhecendo os coeficientes estruturais “k” relacionados no Quadro 02, a espessura mínima do revestimento betuminoso “R”, e determinadas as espessuras  $H_m$ ,  $H_n$  e  $H_{20}$  conforme esquematizado na Figura 03 por meio do ábaco da Figura 04, as espessuras de base (B), sub-base ( $h_{20}$ ) e reforço do subleito ( $h_n$ ) são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes Equações:

$$R.K_R + B.K_B \geq H_{20} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$R.K_R + B.K_B + h_{20}.K_S \geq H_n \quad (\text{Eq. 3})$$

$$R.K_R + B.K_B + h_{20}.K_{Ref} \geq H_m \quad (\text{Eq. 4})$$

Quando o CBR da sub-base for maior ou igual a 40% e para  $N \leq 10^6$ , admite-se substituir, na Equação 02,  $H_{20}$  por  $0,2 \times H_{20}$ . Caso  $N > 10^7$ , a recomendação é no sentido de substituir o mesmo  $H_{20}$  por  $1,2 \times H_{20}$  (DNER, 1981).

#### 2.5.2.2. Metodologia Mecanística

O método de dimensionamento do DNER, baseado no método original do USACE, visa à proteção do subleito contra a geração de deformações plásticas excessivas durante o período de projeto. Esses métodos devem ser contemplados, contudo, por análises que permitam considerações a respeito do trincamento por fadiga das camadas asfálticas, nos pavimentos flexíveis, e das camadas cimentadas, nos pavimentos semi-rígidos. Para esse objetivo, o procedimento mais eficaz é a aplicação de modelos de previsão de desempenho do tipo mecanístico-empírico, em vista de seu maior campo de aplicação e embasamento nas propriedades mecânicas fundamentais dos solos e materiais de pavimentação (DNIT, 2006).

Um modelo de previsão de desempenho é uma função que permite quantificar a redução do nível de serventia ou a geração de defeitos ao longo da vida de serviço do pavimento. Tal modelo é denominado “mecanístico-empírico” quando é constituído por três partes: a) um modelo estrutural para cálculo das respostas induzidas pelas cargas de roda em movimento nas camadas do pavimento, na forma de tensões, deformações ou deflexões elásticas que estejam relacionadas ao surgimento ou à propagação de defeitos na estrutura; b) funções de transferência, capazes de relacionar as respostas da estrutura às cargas do tráfego, à geração e propagação de defeitos; c) fatores ou funções de calibração, que ajustam as previsões das funções de transferência de modo a se reproduzir dados de uma determinada base empírica (DNIT, 2006).

Um aspecto que assume especial relevância quando da aplicação de modelos mecanístico-empíricos, seja em projetos de pavimentos novos ou de restaurações, é a caracterização adequada do comportamento tensão-deformação dos materiais sob as cargas transientes dos veículos (DNIT, 2006).

A “condição estrutural” de um pavimento pode ser definida como um “retrato” composto pelos seguintes elementos: a) a capacidade apresentada pelas camadas de solos e de materiais granulares de resistir às deformações elásticas e plásticas induzidas pelas cargas de tráfego; b) a integridade estrutural das camadas asfálticas e cimentadas, relacionadas ao grau e extensão do fissuramento existente (DNIT, 2006).

Neste contexto, a avaliação do módulo de elasticidade se reveste de duas definições: o módulo de deformação resiliente representa as condições de compactação e solicitação dos ensaios laboratoriais, e o módulo de elasticidade efetivo, por sua vez, reflete ou sintetiza o estado de tensões, a compactação e o modo de solicitação a que a camada é submetida pelas cargas dos veículos em movimento. Não existem, portanto, correlações universais entre esses dois parâmetros, embora possa estabelecer-se comparações em casos particulares (DNIT, 2006).

O Manual de Pavimentação do DNIT de 2006 recomenda a utilização da viga Benkelman ou deflectômetros dinâmicos para o levantamento de dados, os quais, quando inseridos em programas computacionais disponíveis na literatura, possibilitam o cálculo de estruturas por meio de análises lineares e não lineares (DNIT, 2006).

## 2.6. ESTIMATIVAS DE CUSTOS

As atividades de projeto e planejamento devem traduzir a obra de infraestrutura de transportes em um elenco de serviços, com respectivas quantidades e unidades de medida, de tal forma que, realizados todos eles, a obra projetada estará completa e acabada. À atividade de orçamento cabe estimar os custos de todos esses serviços, cuja soma corresponde ao custo direto da obra. Para esse fim, é necessário definir qualitativa e quantitativamente os insumos, em termos de mão-de-obra, equipamentos e materiais, necessários à realização de uma unidade de cada um desses serviços, ou seja, elaborar sua composição (DNIT, 2017).

A tarefa de levantamento de insumos implica, em primeiro lugar, na seleção da tecnologia de execução a ser empregada para a realização de cada um dos serviços que compõem a obra. Assim, cada composição reflete uma opção tecnológica, que é função do planejamento da obra. Como tal, tem que levar em conta o conjunto de circunstâncias que caracterizam o meio onde seu emprego está sendo cogitado (DNIT, 2017).

A seleção da tecnologia será feita sempre com vista a conciliar dois objetivos: eleger a melhor técnica de execução com maior economicidade. É necessário esclarecer que nem sempre tais objetivos são convergentes, impondo-se, na maior parte dos casos, uma solução de compromisso, ditada pelo bom senso (DNIT, 2017).

Para fins de programação das obras de pavimentação, integrando o projeto executivo correspondente, deve-se dispor de uma estimativa de custos das obras, estabelecida dentro de um nível de precisão compatível (DNIT, 2006). A obtenção de parâmetros de custos de referência sempre constituiu uma preocupação do extinto DNER. Com este objetivo, o órgão dedicou esforços e recursos no sentido de manter uma estrutura administrativa voltada para criar, desenvolver e implantar metodologias que incorporassem a melhor técnica de cálculo de custos disponível (DNIT, 2017).

Entretanto, é notório que os custos de obras são sensíveis à localização geográfica e às condições naturais, sociais, econômicas e logísticas encontradas, bem como ao próprio plano de mobilização e instalação que o construtor tenha em mente.

Este fato ganha especial importância no caso de obras federais, executadas nas mais diversas regiões do país e sujeitas a todo tipo de diferenciação espacial (DNIT, 2017). A ocorrência destes acontecimentos deixava clara a necessidade de um novo sistema de custos rodoviários, o que ocorreu no ano 2000, com a implantação do Sistema de Custos de Obras Rodoviárias 2 (SICRO 2) (DNIT, 2017).

Em 2006, o DNIT iniciou os primeiros trabalhos referentes ao desenvolvimento de um novo SICRO, que em sua origem foi denominado Sistema Nacional de Custos de Transportes (SINCTRAN) e posteriormente SICRO 3, com cooperação do Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN) e do Departamento de Engenharia de Construção do Exército Brasileiro (DEC/EB). O projeto contou desde o seu início com a participação relevante de muitos e importantes atores, tais como, órgãos de controle, associações de classe, universidades, centros e fundações de pesquisa. Estas discussões resultaram em um sistema mais robusto e com importantes inovações metodológicas, principalmente na definição de custos referenciais de instalação e manutenção de canteiros, de mobilização e desmobilização, de mão de obra, de administração local, de aquisição e transporte de materiais asfálticos, entre outras (DNIT, 2017).

A criação da Câmara Técnica do SICRO em 2014, composta por representantes do mercado de execução de obras e de engenharia consultiva, consolidou a apresentação, três anos depois, da terceira versão do SICRO, uma ferramenta criada e aperfeiçoada para manter atualizada a definição de custos, apta para estabelecer os melhores parâmetros de referência na elaboração de orçamentos de projetos rodoviários e licitações de obras (DNIT, 2017).

No Paraná, desde setembro de 2017, o Departamento de Estradas de Rodagem (DER) elabora e fiscaliza a orçamentação de obras na esfera estadual por meio do Referencial de Custos de Obras Rodoviárias, anteriormente denominado Referencial de Preços de Obras Rodoviárias. A metodologia vigente, além de aprofundar o estudo das Bonificações e Despesas Indiretas (BDI), diferencia alguns preços de serviços de terraplenagem e pavimentação em função das regiões demarcadas na Figura 05 (DER/PR, 2017).

Figura 05 – Fator regional dos custos



Fonte: DER/PR (2017)

### 2.6.1. Metodologia do SICRO 3

A base metodológica do SICRO 3 e de todos os seus sistemas antecessores sempre estiveram calcadas no conceito de composições de custos, cujas elaborações requerem o conhecimento de diversas informações, a saber: produção dos serviços, especificação dos insumos, consumos dos materiais, taxas de utilização de mão-de-obra e dos equipamentos, atividades auxiliares, tempos fixos relacionados às cargas, descargas e manobras, momentos de transporte e parcelas de BDI (DNIT, 2017).

A montagem de composições de custos mistas envolve inicialmente a definição dos insumos a serem utilizados e as suas respectivas quantidades. (...) As quantidades de equipamentos e de mão de obra são aquelas passíveis de identificação durante a execução do serviço. A quantidade de materiais é a necessária para produzir uma determinada unidade de serviço. Os serviços auxiliares são atividades complementares à produção dos insumos ou para a execução de uma parcela do serviço principal (DNIT, 2017).

As composições de custos podem ser classificadas, quanto a sua utilização nos orçamentos, em dois tipos básicos: principais e auxiliares. As composições de custos principais (ou composições de preços unitários) são aquelas que representam os serviços essenciais de uma determinada obra, constando na relação de serviços que compõem a planilha orçamentária do contrato. Já as composições auxiliares são aquelas elaboradas para contemplar as atividades de produção de insumos ou de

execução de partes do serviço. No SICRO 3, todas as composições podem ser classificadas como principais (DNIT, 2017).

Os conceitos e o modelo matemático adotados no cálculo das composições de custos unitários do SICRO 3 consideram dois períodos de tempo diferentes na atuação regular das patrulhas: a hora produtiva e a hora improdutiva. Durante a hora produtiva, o equipamento encontra-se dedicado ao serviço, efetivamente executando uma tarefa na frente de trabalho, enquanto na hora improdutiva os motores estão desligados e o operador aguarda a conclusão de alguma operação antecessora. O coeficiente de utilização produtivo é o quociente da produção da equipe pela produção de cada tipo de equipamento e deve ser sempre menor ou igual a 1, sendo o coeficiente de utilização improdutivo obtido por meio desta diferença (DNIT, 2017).

As operações relativas a carga, descarga e manobra tiveram seus tempos fixos apropriados em composições específicas, incluídas nos serviços a que se destinam. As composições de custos referentes à remuneração do tempo fixo foram concebidas a partir da definição da produção horária do equipamento carregador e, portanto, independem da produção do serviço onde estão inseridas (DNIT, 2017).

O custo de transporte deve ser pago por momento de transporte. Veículos como o caminhão tanque, o caminhão distribuidor de cimento e o caminhão espargidor possuem distância mínima já considerada na planilha de produção de equipe mecânica. Se a distância for superior, o excedente deve ser pago por meio de momento de transporte e em função do tipo de revestimento da via (DNIT, 2017).

#### 2.6.2. Preços e Origens dos Materiais Asfálticos

Por determinação do Tribunal de Contas da União (TCU), a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) tem realizado o acompanhamento contínuo dos preços praticados pelas distribuidoras de asfalto no país, em uma cesta que envolve 23 produtos asfálticos, sendo definido para cada insumo um valor médio regional ponderado por volume comercializado. Desta maneira, para utilização nas composições do SICRO 3, os materiais asfálticos terão

seus preços de referência para aquisição definidos em função do acompanhamento de distribuição de asfaltos realizado e disponibilizado pela ANP em seu endereço eletrônico, por unidade da federação, acrescidos das respectivas alíquotas de ICMS e do BDI diferenciado de 17,69% (DNIT, 2017).

Os custos de referência para o transporte dos materiais asfálticos são calculados a partir das equações tarifárias indicadas a seguir no Quadro 04 e definidas em função da natureza do transporte, das condições do pavimento e das distâncias de transporte envolvidas (D). As fórmulas incluem todos os custos diretos envolvidos com o transporte de produtos asfálticos, excetuando-se o ICMS, o BDI diferenciado e eventuais despesas relacionadas ao pagamento de pedágio em rodovias concessionadas.

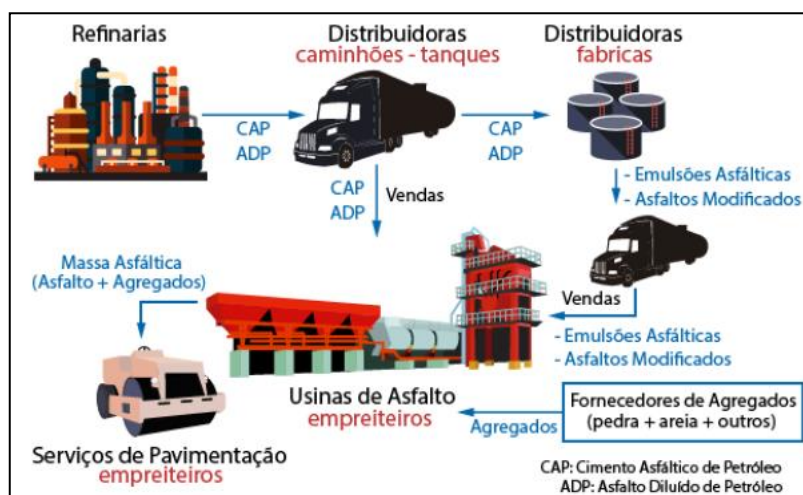
Quadro 04 – Equações tarifárias para transporte de materiais asfálticos

| Natureza do Transporte           | Equações tarifárias do transporte (R\$ por tonelada) |
|----------------------------------|------------------------------------------------------|
| Rodovia em leito natural         | $26,939 + 0,412 \times D$                            |
| Rodovia em revestimento primário | $26,939 + 0,299 \times D$                            |
| Rodovia pavimentada              | $26,939 + 0,253 \times D$                            |

Fonte: DNIT (2017)

Com o objetivo de reduzir as distorções advindas da ponderação de preços e quantidades na base de cálculo da ANP, torna-se necessário o conhecimento da cadeia de produção dos materiais asfálticos apresentada na Figura 06 (DNIT, 2017).

Figura 06 – Cadeia produtiva dos materiais asfálticos



Fonte: ANP (2018)

A origem do cimento asfáltico de petróleo e do asfalto diluído de petróleo será definida no local das refinarias ou nas capitais das unidades da federação com divulgação de preços na base da ANP. No caso das emulsões asfálticas e dos asfaltos modificados, a origem será definida nas bases de industrialização e distribuição mais próximas à localização das obras.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa do presente TCC, do tipo Estudo de Caso, trata da comparação de custos entre a pavimentação rígida e flexível, na duplicação da BR-163/PR, localizada na região oeste do Estado do Paraná. O subtrecho em questão apresenta um total de 16,0 km em execução sob responsabilidade do setor privado, o qual concentrou sua sede temporária, pedreira e usina de concreto a 8,0 km do local dos serviços.

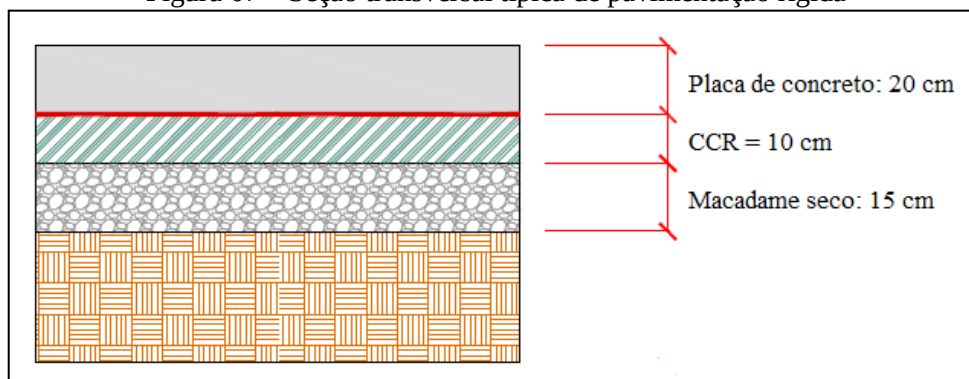
A comparação de custos entre os diferentes tipos de pavimentos exige a investigação dos dimensionamentos equivalentes das estruturas para as mesmas condições de tráfego, permitindo assim uma análise autêntica e imparcial. No decorrer da elaboração do TCC, os autores visitaram a obra em duas ocasiões, sendo a primeira no dia 18/07/2017 e a última em 05/11/2017, ótimas oportunidades quando foi possível conversar com alguns técnicos envolvidos na obra e com a permissão dos mesmos obter fotografias sequenciais da execução dos trabalhos em campo.

#### 3.1. DIMENSIONAMENTO EM PAVIMENTO RÍGIDO

Durante as visitas técnicas realizadas pelos autores na obra, foi possível obter, por meio de análises visuais e informações provenientes dos técnicos envolvidos na execução dos trabalhos, a seção transversal típica representada na Figura 07 e os seguintes parâmetros:

- a) Largura da faixa de rolamento = 7,20 m;
- b) Largura do acostamento = 2,50 m;
- c) Largura da faixa interna de segurança = 1,0 m;
- d) Largura total do pavimento rígido = 10,70 m;
- e) Placa de concreto de cimento Portland com espessura = 20,0 cm;
- f) Base em concreto compactado a rolo com espessura = 10,0 cm; e
- g) Sub-base em macadame seco com espessura = 15,0 cm
- h) Espessura total da seção transversal = 45 cm

Figura 07 – Seção transversal típica de pavimentação rígida



Fonte: Autoria própria

Outras informações foram obtidas, tais como:

- a) Resistência característica à tração na flexão na placa de concreto de cimento Portland = 4,5 MPa aos 28 dias;
- b) Resistência característica à compressão simples da base de concreto compactado à rolo = 5,0 MPa aos 7 dias;
- c) Período de projeto = 20 anos;
- d) Juntas transversais a cada 4,0 m, com barra de transferência de aço CA-25 (liso) com Ø 25 mm a cada 30 cm e comprimento de 46 cm;
- e) Juntas longitudinais (3) a cada 4,0 m, com barra de ligação de aço CA-50 (corrugado) com Ø 10 mm a cada 80 cm e comprimento de 80 cm;
- f) Selantes para juntas transversais e longitudinais;
- g) ISC/CBR do subleito = 10%; e
- h) Coeficiente de recalque ( $k$ ) = 162 MPa/m.

Quando das visitas técnicas, foram tiradas algumas fotos, mostradas nas Figuras 08 a 22.

Figura 08 – Perfil das camadas de pavimentação rígida



Fonte: Autoria própria em 05/11/2017

Figura 09 – Placas de concreto em execução



Fonte: Autoria própria em 18/07/2017

Figura 10 – Placas de concreto em execução



Fonte: Autoria própria em 18/07/2017

Figura 11 – Placas de concreto em execução



Fonte: Autoria própria em 18/07/2017

Figura 12 – Placas de concreto em execução



Fonte: Autoria própria em 18/07/2017

Figura 13 – Placas de concreto em execução



Fonte: Autoria própria em 18/07/2017

Figura 14 – Placas de concreto em execução



Fonte: Autoria própria em 18/07/2017

Figura 15 – Placas de concreto em execução



Fonte: Autoria própria em 18/07/2017

Figura 16 – Placas de concreto em execução



Fonte: Autoria própria em 18/07/2017

Figura 17 – Placas de concreto em execução



Fonte: Autoria própria em 05/11/2017

Figura 18 – Medição do comprimento das placas de concreto



Fonte: Autoria própria em 05/11/2017

Figura 19 – Medição da largura das placas de concreto



Fonte: Autoria própria em 05/11/2017

Figura 20 – Medição da espessura das placas de concreto



Fonte: Autoria própria em 05/11/2017

Figura 21 – Medição do espaçamento entre as barras de transferência



Fonte: Autoria própria em 05/11/2017

Figura 22 – Pavimento finalizado



Fonte: Autoria própria em 05/11/2017

### 3.2. DIMENSIONAMENTO EM PAVIMENTO FLEXÍVEL

O Programa CREMA/DNIT 2ª etapa – composto por contratos de longa duração para restauração e manutenção da malha rodoviária federal, inclui um dimensionamento em pavimento flexível para a região de implantação da obra estudada, focado na implantação de novas terceiras faixas. Esse dimensionamento poderia ser então adotado como opção em pavimento flexível para a duplicação, tendo em vista terem sido elaborados detalhados estudos de tráfego e geotécnicos necessários para tal conforme consta nesse projeto.

O número  $N$  foi calculado em  $5,3 \times 10^8$  considerando os Fatores de Equivalência de Cargas do Corpo de Engenheiros dos Estados Unidos (FECUSACE) e o valor do ISC/CBR foi calculado em 10,0%, considerando a energia do Proctor Normal.

A espessura total  $H_t$  calculada de acordo com a Equação 01 (DNER, 1981) foi igual a 56,0 cm, para um período de projeto de 20 anos. Em função disso, a espessura mínima do revestimento em concreto asfáltico de acordo com o Quadro 03

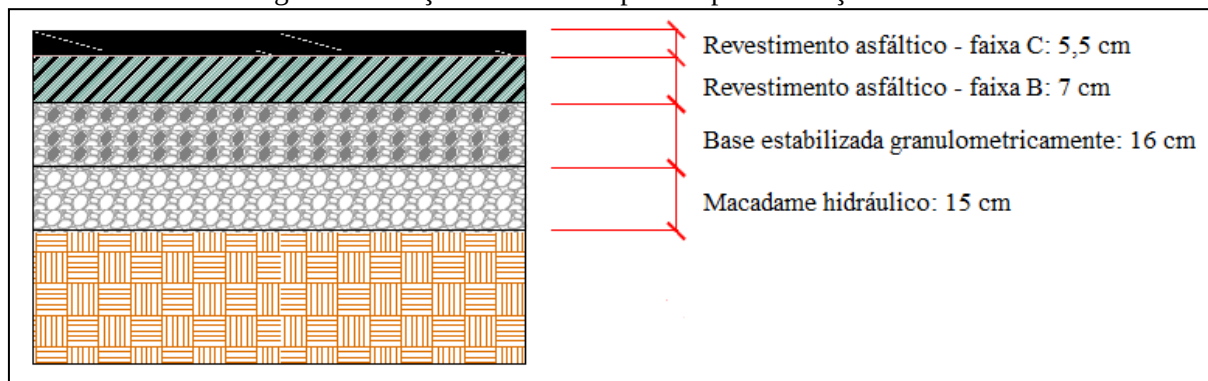
foi de 12,5 cm. Aplicando-se as Equações 02 e 03 (DNER, 1981) foram obtidas as espessuras da base e da sub-base granulares, respectivamente 16,0 cm e 15,0 cm. O Quadro 05 mostra o resumo final do dimensionamento do pavimento flexível, e a Figura 23 representa a seção transversal típica.

Quadro 05 – Dimensionamento do pavimento flexível

| Camadas do pavimento                                                   | Esp. (cm) | Coeficientes estruturais | Espessuras equivalentes (cm) | Especificações DNIT |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------|------------------------------|---------------------|
| Revestimento em concreto asfáltico – faixa. C (camada rolamento)       | 5,5       | 2,0                      | 11,0                         | 031/2006 - ES       |
| Revestimento em concreto asfáltico – faixa B (camada de ligação)       | 7,0       | 2,0                      | 14,0                         | 031/2006 - ES       |
| Base estabilizada granulometricamente (brita graduada simples) faixa A | 16,0      | 1,0                      | 16,0                         | 141/2010 - ES       |
| Sub-base de macadame hidráulico – faixa B                              | 15,0      | 1,0                      | 15,0                         | 152/2010 - ES       |
| Espessura total da seção transversal                                   | 43,5      | -                        | 56,0                         | -                   |

Fonte: DNIT (2012)

Figura 23 – Seção transversal típica de pavimentação flexível



Fonte: Autoria própria

### 3.3. CUSTOS REFERENCIAIS

A Tabela 01 indica as distâncias entre os pontos de origem e destino, relacionados aos custos de transporte. As cidades de Apucarana/PR, Araucária/PR, Campo Largo/PR, Cascavel/PR, Colombo/PR e Guaíra/PR foram escolhidas em função da proximidade com o local da obra. O custo do transporte obedeceu à metodologia do SICRO 3 apresentada no tópico 2.6.1.

Tabela 01 – Distâncias de transporte para pavimentação rígida

| Camada       | Material    | SICRO   | Origem         | Destino | Distância |
|--------------|-------------|---------|----------------|---------|-----------|
| Revestimento | Aditivo     | 6416090 | Cascavel/PR    | Usina   | 35 km     |
|              | Areia       | 6416090 | Guaíra/PR      | Usina   | 167 km    |
|              | Brita       | 6416090 | Pedreira       | Usina   | 1 km      |
|              | Cimento     | 6416090 | Campo Largo/PR | Usina   | 50 km     |
|              | Selante     | 4011537 | Cascavel/PR    | Trecho  | 32 km     |
|              | Aço         | 4011533 | Cascavel/PR    | Trecho  | 32 km     |
|              | Aditivo     | 4011533 | Cascavel/PR    | Trecho  | 32 km     |
|              | Pavimento   | 4011533 | Usina          | Trecho  | 8 km      |
| Sub-base     | Brita       | 6416092 | Pedreira       | Usina   | 1 km      |
|              | Cimento     | 6416092 | Campo Largo/PR | Usina   | 500 km    |
|              | Pó de pedra | 6416092 | Pedreira       | Usina   | 1 km      |
|              | CCR         | 4011214 | Usina          | Trecho  | 8 km      |
| Macadame     | Brita       | 4011279 | Pedreira       | Trecho  | 8 km      |
|              | Pedrisco    | 4011279 | Pedreira       | Trecho  | 8 km      |
|              | Pó de pedra | 4011279 | Pedreira       | Trecho  | 8 km      |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 02 – Distâncias de transporte para pavimentação flexível

| Camada        | Material              | SICRO              | Origem       | Destino | Distância |
|---------------|-----------------------|--------------------|--------------|---------|-----------|
| Revestimento  | CAP                   | 6416078<br>6416143 | Araucária/PR | Usina   | 521 km    |
|               | Areia                 | 6416078<br>6416143 | Guaíra/PR    | Usina   | 167 km    |
|               | Brita                 | 6416078<br>6416143 | Pedreira     | Usina   | 1 km      |
|               | Cal                   | 6416078<br>6416143 | Colombo/PR   | Usina   | 544 km    |
|               | Pedrisco              | 6416078<br>6416143 | Pedreira     | Usina   | 1 km      |
|               | Concreto<br>asfáltico | 6416463<br>6416459 | Usina        | Trecho  | 8 km      |
| Pint. ligação | Emulsão               | 4011353            | Apucarana/PR | Trecho  | 351 km    |
| Imprimação    | Asf. diluído          | 4011351            | Araucária/PR | Trecho  | 529 km    |
| Base          | Brita                 | 6416040            | Pedreira     | Usina   | 1 km      |
|               | Brita                 | 4011276            | Usina        | Trecho  | 8 km      |
| Sub-base      | Brita                 | 4011282            | Pedreira     | Trecho  | 8 km      |
|               | Pó de pedra           | 4011282            | Pedreira     | Trecho  | 8 km      |

Fonte: Elaborado pelos autores

#### 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com as espessuras das camadas dos revestimentos rígido e flexível definidas, procede-se, com base nas distâncias indicadas nas Tabelas 01 e 02, ao levantamento de valores nas Tabelas 03, 04, 05 e 06. A comparação se dará apenas nas sub-bases, bases e revestimentos – focos deste estudo – tornando possível a quantificação dos serviços empregados para a execução dos 16,0 km.

Os resultados consideram, de maneira individual, os custos de execução dos pavimentos, aplicando-se somente a essa pesquisa e parâmetros adotados, uma vez que sua destinação a pavimentos com estruturas diferenciadas da estudada não é coerente. As estimativas de custo estão referenciadas e seguem a linha de raciocínio adotada na última versão disponível (na época da elaboração do estudo) das composições de custo do SICRO 3, datada de julho/2017.

##### 4.1. CUSTOS FINAIS DO PAVIMENTO RÍGIDO

As planilhas de base para o cálculo demonstrado na Tabela 03 são disponibilizadas no Apêndice A.

Tabela 03 – Custos estimados para pavimentação rígida (16 km)

| SICRO         | Descrição                                                               | Un. | Quant. | Custo un.  | Custo total       |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|--------|------------|-------------------|
| 4011533       | Pavimento de concreto com formas deslizantes - areia e brita comerciais | M3  | 23.040 | R\$ 359,28 | R\$ 8.277.726,23  |
| 4011214       | Sub-base de concreto compactado com rolo com brita comercial            | M3  | 11.520 | R\$ 160,29 | R\$ 1.846.516,77  |
| 4011279       | Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial                   | M3  | 17.280 | R\$ 89,39  | R\$ 1.544.577,51  |
| TOTAL (16 km) |                                                                         |     |        |            | R\$ 11.668.820,51 |

Fonte: Elaborado pelos autores

## 4.2. CUSTOS FINAIS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

As planilhas de base para o cálculo demonstrado na Tabela 04 são disponibilizadas no Apêndice B. A densidade do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) foi estimada em 2,5 t/m<sup>3</sup>. Os preços do cimento asfáltico CAP 50/70, do asfalto diluído CM-30, e da emulsão asfáltica RR-1C foram obtidos por meio do preço médio mensal ponderado praticado pelos distribuidores de produtos asfálticos, fornecido pela ANP. Os valores apresentados para o Estado do Paraná no mês de julho de 2017 são, respectivamente, por quilo de insumo e já com BDI e ICMS (18% no Paraná) aplicados: R\$ 1,89829, R\$ 3,26551 e R\$ 1,55653.

Tabela 04 – Custos estimados para pavimentação flexível (16 km)

| SICRO         | Descrição                                                   | Un. | Quant.  | Custo un.  | Custo total       |
|---------------|-------------------------------------------------------------|-----|---------|------------|-------------------|
| 4011463       | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais     | T   | 15.840  | R\$ 276,23 | R\$ 4.375.485,42  |
| 4011353       | Pintura de ligação                                          | M2  | 115.200 | R\$ 0,94   | R\$ 107.765,24    |
| 4011459       | Concreto asfáltico - faixa B - areia e brita comerciais     | T   | 20.160  | R\$ 243,78 | R\$ 4.914.681,85  |
| 4011351       | Imprimação com asfalto diluído                              | M2  | 115.200 | R\$ 4,33   | R\$ 498.850,90    |
| 4011276       | Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial      | M3  | 18.432  | R\$ 111,63 | R\$ 2.057.515,95  |
| 4011282       | Base ou sub-base de macadame hidráulico com brita comercial | M3  | 17.280  | R\$ 90,82  | R\$ 1.569.347,85  |
| TOTAL (16 km) |                                                             |     |         |            | R\$ 13.523.647,20 |

Fonte: Elaborado pelos autores

## 4.3. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

Para o trecho duplicado da BR-163 estudado, a estimativa de custos de execução e manutenção com base no SICRO 3 resultou, então, em investimentos da ordem de R\$ 729.301,28 por km para o pavimento rígido e R\$ 845.227,95 por km para o pavimento flexível.

Tabela 05 – Custos estimados para pavimentação rígida (km)

| SICRO      | Descrição                                                               | Un. | Quant. | Custo un.  | Custo total    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|--------|------------|----------------|
| 4011533    | Pavimento de concreto com formas deslizantes - areia e brita comerciais | M3  | 1.440  | R\$ 359,28 | R\$ 517.357,89 |
| 4011214    | Sub-base de concreto compactado com rolo com brita comercial            | M3  | 720    | R\$ 160,29 | R\$ 115.407,30 |
| 4011279    | Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial                   | M3  | 1.080  | R\$ 89,39  | R\$ 96.536,09  |
| TOTAL (km) |                                                                         |     |        |            | R\$ 729.301,28 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 06 – Custos estimados para pavimentação flexível (km)

| SICRO      | Descrição                                                   | Un. | Quant. | Custo un.  | Custo total    |
|------------|-------------------------------------------------------------|-----|--------|------------|----------------|
| 4011463    | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais     | T   | 990    | R\$ 276,23 | R\$ 273.467,84 |
| 4011353    | Pintura de ligação                                          | M2  | 7.200  | R\$ 0,94   | R\$ 6.735,33   |
| 4011459    | Concreto asfáltico - faixa B - areia e brita comerciais     | T   | 1.260  | R\$ 243,78 | R\$ 307.167,62 |
| 4011351    | Imprimação com asfalto diluído                              | M2  | 7.200  | R\$ 4,33   | R\$ 31.178,18  |
| 4011276    | Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial      | M3  | 1.152  | R\$ 111,63 | R\$ 128.594,75 |
| 4011282    | Base ou sub-base de macadame hidráulico com brita comercial | M3  | 1.080  | R\$ 90,82  | R\$ 98.084,24  |
| TOTAL (km) |                                                             |     |        |            | R\$ 845.227,95 |

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A decisão acerca da melhor metodologia executiva para rodovias é, na maioria das vezes, um grande desafio atribuído aos responsáveis pela concepção do projeto. Com a crescente competitividade entre as construtoras do ramo – que anseiam pela projeção de seus lucros para um nível superior ao das concorrentes – e o repasse reduzido de verbas por parte do governo, o SICRO surgiu como ferramenta para uma maior confiabilidade e rapidez na elaboração de orçamentos.

Durante a confecção deste trabalho, a localização da obra no extremo oeste do Estado e a metodologia de orçamentação do SICRO 3 tornaram os levantamentos de dados *in loco* limitados e o processo de cálculo complexo, respectivamente. A análise dos resultados demonstrou, para o trecho em questão, uma viabilidade econômica aparentemente maior do pavimento rígido (aproximadamente 14% mais barato em períodos de projeto fixados em 20 anos), porém questionável sem a avaliação de desempenho ao longo dos próximos anos. Na prática, os custos com manutenção, conservação e restauração de um trecho de alta intensidade de tráfego em geral se mostram favoráveis à aplicação da pavimentação rígida (justificada pela contração significativa do percentual comparativo entre as duas soluções), diferentemente do que ocorre em rodovias de médio e baixo tráfego.

Entretanto, a pesquisa limitou-se ao estudo orçamentário dos serviços, não integrando outros aspectos relevantes, tais como: qualidade técnica, custo operacional, vantagens indiretas de conforto ao tráfego, e responsabilidade sócio-ecológica das empresas, por exemplo. Na ausência da avaliação dos custos de execução das camadas da terraplenagem e dos projetos complementares (drenagem, sinalização, instalações de apoio, etc.) também foi detectada uma limitação, a qual carece de maior atenção e aprofundamento, posto que o julgamento da viabilidade de uma obra rodoviária está subordinado ao projeto completo. A última, mas não menos importante sugestão, consiste na reprodução da comparação de custos utilizando outra tabela de referência (por exemplo, o Referencial de Preços de Serviços do DER/PR), captando valores mais específicos e aplicáveis para região de implantação da obra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Asfalto**. 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-e-derivados2/asfalto>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Preços de distribuição de produtos asfálticos**. 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-de-distribuicao>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Estudo Técnico-22: Selagem de juntas em pavimentos de concreto**. 4ª Ed. São Paulo, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Estudo Técnico-81: Construção de pavimentos de concreto simples**. 3ª Ed. São Paulo, 1998.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B.; DA MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras, ABEDA, 2006.

BIANCHI, F. R.; BRITO, I. R. T.; CASTRO, V. A. B. Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 50, 2008, Salvador. Disponível em: <[http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav\\_apresentacoes/ISIS\\_RAQUEL.pdf](http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/ISIS_RAQUEL.pdf)>. Acesso em: 06 dez. 2017.

BRANDÃO, L. E. T.; CURY, M. V. Q. Modelagem híbrida para concessões rodoviárias com o uso da teoria das opções reais: o caso da BR-163. **GESTÃO.Org - Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 4, n. 2, p. 122-140, 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/gestaoorg/article/download/21589/18283>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM (PARANÁ). **Referencial de Preços de Serviços**. 2017. Disponível em: <<http://www.der.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=98>>. Acesso em: 14 fev. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis**. 3ª Ed. Rio de Janeiro, 1981.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de custos de infra-estrutura de transportes: Metodologia e Conceitos**. 1ª Ed. Brasília, 2017. 1 v.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de custos de infra-estrutura de transportes: Manuais Técnicos (Conteúdo 2 – Pavimentação/Usinagem)**. 1ª Ed. Brasília, 2017. 10 v.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação**. 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentos rígidos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.  
**DNIT lança novo Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO.** 2017.  
 Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/dnit-lanca-novo-sistema-de-custos-referenciais-de-obras-sicro>>. Acesso em: 06 dez. 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.  
**Programa Crema.** 2ª Etapa. Paraná, 2012.

PETERLINI, P. S. Grupo IDD. **Pavimentação Rodoviária: Cenário Atual e Mercado de Trabalho.** 2018. Disponível em: <<http://www.idd.edu.br/curso/pos-graduacao-e-mba/pavimentacao-rodoviaria>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

PIRES, J. C. L.; GIAMBIAGI, F. Retorno dos novos investimentos privados em contextos de incerteza: uma proposta de mudança do mecanismo de concessão de rodovias no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v. 34, n. 4, p. 27-64, 2000.  
 Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6290/4881>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

MEZZOMO, H. **Análise comparativa entre um pavimento de concreto simples e um flexível para a duplicação da rodovia BR-386/RS.** Lajeado: Centro Universitário Univates, 2014.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. **Anuário Estatístico de Transporte 2010 – 2016.** Brasília, 2017.

SENÇO, W. de. **Manual técnico de pavimentação.** 2ª Ed. São Paulo: Pini, 2007. 1 v.

SICRO 3 – Sistema de Custos Referenciais de Obras. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/sul/sul>>. Acesso em: 14 fev. 2018.

TROMBETTA, J. **Avaliação, diagnóstico e manutenção de pavimentos flexíveis**. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2010.

VASATA, A. C. D. P; DA SILVA JUNIOR, I. **Análise comparativa entre sistemas de pavimentação rígida e flexível quanto a sua viabilidade técnica e econômica para aplicação em uma via urbana**. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

## **Apêndice A – Cálculo dos Custos Unitários do Pavimento Rígido**

Tabela 01 - 4011279 - Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9514                                 | Distribuidor de agregados autopropelido - 130 kW               | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 181,7196       | 85,1724     | 181,7196            |
| E9530                                 | Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1,00000    | 0,63       | 0,37        | 123,3900       | 56,7208     | 98,7224             |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                |            |            |             |                |             | 280,4420            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                       | 2,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 35,6294             |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                |            |            |             |                |             | 35,6294             |
| Custo horário total de execução       |                                                                |            |            |             |                |             | 316,0714            |
| Custo unitário de execução            |                                                                |            |            |             |                |             | 2,3280              |
| Custo do FIC                          |                                                                |            |            |             |                |             | 0,0287              |
| Custo do FIT                          |                                                                |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0808                                 | Brita 4 (rachinha)                                             | 1,10000    | m³         |             | 53,7491        |             | 59,1240             |
| M1103                                 | Pedrisco                                                       | 0,15000    | m³         |             | 66,5525        |             | 9,9829              |
| M1135                                 | Pó de pedra                                                    | 0,15000    | m³         |             | 50,4581        |             | 7,5687              |
| Custo horário total de material       |                                                                |            |            |             |                |             | 76,6756             |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                                |            |            |             |                |             | 79,0323             |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0808                                 | Brita 4 (rachinha) - Caminhão basculante 10 m³                 | 5914651    | 1,65000    | t           | 1,4100         |             | 2,3265              |
| M1103                                 | Pedrisco - Caminhão basculante 10 m³                           | 5914651    | 0,22500    | t           | 1,4100         |             | 0,3173              |
| M1135                                 | Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m³                        | 5914651    | 0,22500    | t           | 1,4100         |             | 0,3173              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                |            |            |             |                |             | 2,9610              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M0808                                 | Brita 4 (rachinha) - Caminhão basculante 10 m³                 | 1,65000    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 5,8080              |
| M1103                                 | Pedrisco - Caminhão basculante 10 m³                           | 0,22500    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,7920              |
| M1135                                 | Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m³                        | 0,22500    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,7920              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                |            |            |             |                |             | 7,3920              |
| Custo unitário direto total           |                                                                |            |            |             |                |             | 89,39               |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 02 - 4011214 - Sub-base de concreto compactado com rolo com brita comercial (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                                                     | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                                                     |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9530                                 | Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW                                      | 1,00000    | 0,50       | 0,50        | 123,3900       | 56,7208     | 90,0554             |
| E9545                                 | Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW                                                    | 1,00000    | 0,67       | 0,33        | 159,6807       | 79,7319     | 133,2976            |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 223,3530            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                                                     | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                                            | 6,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 106,8882            |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 106,8882            |
| Custo horário total de execução       |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 330,2412            |
| Custo unitário de execução            |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 2,6525              |
| Custo do FIC                          |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 0,0163              |
| Custo do FIT                          |                                                                                                     |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                                                     | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo horário total de material       |                                                                                                     |            |            |             |                |             | -                   |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                                                     | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| 6416092                               | Usinagem para sub-base de concreto compactado com rolo - brita comercial                            | 1,00000    | m³         |             | 141,97         |             | 141,9710            |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 141,9710            |
| Subtotal                              |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 144,6399            |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                                                     | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| 6416092                               | Usinagem para sub-base de concreto compactado com rolo - brita comercial - Caminhão basculante 6 m³ | 5919540    | 2,40000    | t           | 3,0000         |             | 7,2000              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 7,2000              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                                                     | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                                     |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| 6416092                               | Usinagem para sub-base de concreto compactado com rolo - brita comercial - Caminhão basculante 6 m³ | 2,40000    | tkm        | 5914315     | 5914330        | 5914345     | 8,4480              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 8,4480              |
| Custo unitário direto total           |                                                                                                     |            |            |             |                |             | 160,29              |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 03 - 6416092 - Usinagem para sub-base de concreto compactado com rolo - brita comercial (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                         | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                         |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9511                                 | Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW                 | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 279,2476       | 115,2976    | 279,2476            |
| E9044                                 | Central de concreto com capacidade de 150 m³/h - dosadora e misturadora | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 343,6046       | 218,8801    | 343,6046            |
| E9778                                 | Grupo gerador - 310/340 kVA                                             | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 127,3544       | 9,1267      | 127,3544            |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                         |            |            |             |                |             | 750,2066            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                         | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                | 2,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 35,6294             |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                         |            |            |             |                |             | 35,6294             |
| Custo horário total de execução       |                                                                         |            |            |             |                |             | 785,8360            |
| Custo unitário de execução            |                                                                         |            |            |             |                |             | 6,3119              |
| Custo do FIC                          |                                                                         |            |            |             |                |             | -                   |
| Custo do FIT                          |                                                                         |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                         | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0005                                 | Brita 0                                                                 | 0,15200    | m³         |             | 62,5011        |             | 9,5002              |
| M0191                                 | Brita 1                                                                 | 0,30400    | m³         |             | 61,3734        |             | 18,6575             |
| M0192                                 | Brita 2                                                                 | 0,22800    | m³         |             | 55,5331        |             | 12,6615             |
| M0193                                 | Brita 3                                                                 | 0,22800    | m³         |             | 54,0831        |             | 12,3309             |
| M1954                                 | Cimento Portland CP II - 32 a granel                                    | 120,00000  | kg         |             | 0,3043         |             | 36,5160             |
| M1135                                 | Pó de pedra                                                             | 0,60800    | m³         |             | 50,4581        |             | 30,6785             |
| Custo horário total de material       |                                                                         |            |            |             |                |             | 120,3447            |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                         | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                         |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                                         |            |            |             |                |             | 126,6566            |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                         | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                                     | 5914647    | 0,22800    | t           | 0,9800         |             | 0,2234              |
| M0191                                 | Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³                                     | 5914647    | 0,45600    | t           | 0,9800         |             | 0,4469              |
| M0192                                 | Brita 2 - Caminhão basculante 10 m³                                     | 5914647    | 0,34200    | t           | 0,9800         |             | 0,3352              |
| M0193                                 | Brita 3 - Caminhão basculante 10 m³                                     | 5914647    | 0,34200    | t           | 0,9800         |             | 0,3352              |
| M1954                                 | Cimento Portland CP II - 32 a granel - Caminhão silo 30 m³              | 5914363    | 0,12000    | t           | 5,6400         |             | 0,6768              |
| M1135                                 | Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m³                                 | 5914647    | 0,91200    | t           | 0,9800         |             | 0,8938              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                         |            |            |             |                |             | 2,9112              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                         | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                         |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                                     | 0,22800    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,1003              |
| M0191                                 | Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³                                     | 0,45600    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,2006              |
| M0192                                 | Brita 2 - Caminhão basculante 10 m³                                     | 0,34200    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,1505              |
| M0193                                 | Brita 3 - Caminhão basculante 10 m³                                     | 0,34200    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,1505              |
| M1954                                 | Cimento Portland CP II - 32 a granel - Caminhão silo 30 m³              | 0,12000    | tkm        | 5914364     | 5914365        | 5914366     | 11,4000             |
| M1135                                 | Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m³                                 | 0,91200    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,4013              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                         |            |            |             |                |             | 12,4032             |
| Custo unitário direto total           |                                                                         |            |            |             |                |             | 141,97              |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 04 - 4011533 - Pavimento de concreto com formas deslizantes - areia e brita comerciais (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                                                                                | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                                                                                |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9576                                 | Escavadeira hidráulica de longo alcance sobre esteiras - 103 kW                                                                | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 218,7328       | 108,3181    | 218,7328            |
| E9589                                 | Texturizadora/cura - 44,8 kW                                                                                                   | 1,00000    | 0,72       | 0,28        | 112,6361       | 64,4394     | 99,1410             |
| E9588                                 | Vibroacabadora de concreto com formas deslizantes - 205 kW                                                                     | 1,00000    | 0,83       | 0,17        | 431,9542       | 191,4281    | 391,0648            |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 708,9386            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|                                       |                                                                                                                                |            |            |             |                |             |                     |
| P9801                                 | Ajudante                                                                                                                       | 1,00000    | h          |             | 19,9591        |             | 19,9591             |
| P9805                                 | Armador                                                                                                                        | 1,00000    | h          |             | 23,4041        |             | 23,4041             |
| P9821                                 | Pedreiro                                                                                                                       | 6,00000    | h          |             | 23,1822        |             | 139,0932            |
| P9824                                 | Servente                                                                                                                       | 14,00000   | h          |             | 17,8147        |             | 249,4058            |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 431,8622            |
| Custo horário total de execução       |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 1140,8008           |
| Custo unitário de execução            |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 9,1631              |
| Custo do FIC                          |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 0,1129              |
| Custo do FIT                          |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                                                                |            |            |             |                |             |                     |
| M0003                                 | Aço CA 25                                                                                                                      | 6,77126    | kg         |             | 3,1876         |             | 21,5841             |
| M0004                                 | Aço CA 50                                                                                                                      | 0,34278    | kg         |             | 2,922          |             | 1,0016              |
| M2152                                 | Aditivo de cura para concreto                                                                                                  | 1,00000    | kg         |             | 7,2452         |             | 7,2452              |
| Custo horário total de material       |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 29,8309             |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                                                                |            |            |             |                |             |                     |
| 4011537                               | Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio                                           | 1,94444    | m          |             | 9,64           |             | 18,7485             |
| 6416090                               | Usinagem para pavimento de concreto com formas deslizantes - areia e brita comerciais                                          | 1,00000    | m³         |             | 285,50         |             | 285,5004            |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 304,2489            |
| Subtotal                              |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 343,3558            |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                                                                                | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                                                                |            |            |             |                |             |                     |
| M0003                                 | Aço CA 25 - Caminhão carroceria 15 t                                                                                           | 5914655    | 0,00677    | t           | 21,1100        |             | 0,1429              |
| M0004                                 | Aço CA 50 - Caminhão carroceria 15 t                                                                                           | 5914655    | 0,00034    | t           | 21,1100        |             | 0,0072              |
| M2152                                 | Aditivo de cura para concreto - Caminhão carroceria 15 t                                                                       | 5914655    | 0,00100    | t           | 21,1100        |             | 0,0211              |
| 6416090                               | Usinagem para pavimento de concreto com formas deslizantes - areia e brita comerciais - Caminhão basculante para concreto 6 m³ | 5914540    | 2,40000    | t           | 3,0000         |             | 7,2000              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 7,3713              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                                                                                | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                                                                |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M0003                                 | Aço CA 25 - Caminhão carroceria 15 t                                                                                           | 0,00677    | tkm        | 5914449     | 5914464        | 5914479     | 0,0845              |
| M0004                                 | Aço CA 50 - Caminhão carroceria 15 t                                                                                           | 0,00034    | tkm        | 5914449     | 5914464        | 5914479     | 0,0043              |
| M2152                                 | Aditivo de cura para concreto - Caminhão carroceria 15 t                                                                       | 0,00100    | tkm        | 5914449     | 5914464        | 5914479     | 0,0125              |
| 6416090                               | Usinagem para pavimento de concreto com formas deslizantes - areia e brita comerciais - Caminhão basculante para concreto 6 m³ | 2,40000    | tkm        | 5914315     | 5914330        | 5914345     | 8,448               |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 8,5493              |
| Custo unitário direto total           |                                                                                                                                |            |            |             |                |             | 359,28              |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 05 - 4011537 - Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                                                          | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                                                          |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9605                                 | Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW                                                       | 1,00000    | 0,38       | 0,62        | 115,9255       | 40,4395     | 69,1242             |
| E9649                                 | Compressor de ar portátil de 197 PCM - 55 kW                                                             | 1,00000    | 0,38       | 0,62        | 41,6609        | 9,8646      | 21,9472             |
| E9591                                 | Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW                                                           | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 6,9804         | 6,9804      | 6,9804              |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                                                          |            |            |             |                |             | 98,0518             |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                                                          | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9821                                 | Pedreiro                                                                                                 | 6,00000    | h          |             | 23,1822        |             | 139,0932            |
| P9824                                 | Servente                                                                                                 | 13,00000   | h          |             | 17,8147        |             | 231,5911            |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                                                          |            |            |             |                |             | 370,6843            |
| Custo horário total de execução       |                                                                                                          |            |            |             |                |             | 468,7361            |
| Custo unitário de execução            |                                                                                                          |            |            |             |                |             | 5,6474              |
| Custo do FIC                          |                                                                                                          |            |            |             |                |             | -                   |
| Custo do FIT                          |                                                                                                          |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                                                          | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M1131                                 | Cordão de polietileno expandido                                                                          | 1,00000    | m          |             | 0,1524         |             | 0,1524              |
| M2150                                 | Selante elástico à base de poliuretano e asfalto, tipo Vedaflex 45 ou similar                            | 0,09060    | kg         |             | 42,3759        |             | 3,8393              |
| Custo horário total de material       |                                                                                                          |            |            |             |                |             | 3,9917              |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                                                          | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                                                          |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                                                                          |            |            |             |                |             | 9,6391              |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                                                          | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| M2150                                 | Selante elástico à base de poliuretano e asfalto, tipo Vedaflex 45 ou similar - Caminhão carroceria 15 t | 5914655    | 0,00009    | t           | 21,1100        |             | 0,0019              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                                                          |            |            |             |                |             | 0,0019              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                                                          | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                                          |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M2150                                 | Selante elástico à base de poliuretano e asfalto, tipo Vedaflex 45 ou similar - Caminhão carroceria 15 t | 0,00009    | tkm        | 5914449     | 5914464        | 5914479     | 0,0011              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                                                          |            |            |             |                |             | 0,0011              |
| Custo unitário direto total           |                                                                                                          |            |            |             |                |             | 9,64                |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 06 - 6416090 - Usinagem para pavimento de concreto com formas deslizantes - areia e brita comerciais (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                                          | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                                          |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9511                                 | Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW                                  | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 279,2476       | 115,2976    | 279,2476            |
| E9044                                 | Central de concreto com capacidade de 150 m³/h - dosadora e misturadora                  | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 343,6046       | 218,8801    | 343,6046            |
| E9778                                 | Grupo gerador - 310/340 kVA                                                              | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 127,3544       | 9,1267      | 127,3544            |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                                          |            |            |             |                |             | 750,2066            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                                          | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                                 | 2,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 35,6294             |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                                          |            |            |             |                |             | 35,6294             |
| Custo horário total de execução       |                                                                                          |            |            |             |                |             | 785,8360            |
| Custo unitário de execução            |                                                                                          |            |            |             |                |             | 6,3119              |
| Custo do FIC                          |                                                                                          |            |            |             |                |             | -                   |
| Custo do FIT                          |                                                                                          |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                                          | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0615                                 | Aditivo incorporador de ar tipo Cemix-Air ou similar                                     | 0,09000    | kg         |             | 4,0888         |             | 0,3680              |
| M0030                                 | Aditivo plastificante e retardador tipo Plastiment ou similar                            | 1,20000    | kg         |             | 4,3417         |             | 5,2100              |
| M0028                                 | Areia média                                                                              | 0,46700    | m³         |             | 48,0907        |             | 22,4584             |
| M0191                                 | Brita 1                                                                                  | 0,37200    | m³         |             | 61,3734        |             | 22,8309             |
| M0192                                 | Brita 2                                                                                  | 0,37200    | m³         |             | 55,5331        |             | 20,6583             |
| M1954                                 | Cimento Portland CP II - 32 a granel                                                     | 380,00000  | kg         |             | 0,3043         |             | 115,6340            |
| Custo horário total de material       |                                                                                          |            |            |             |                |             | 187,1596            |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                                          | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                                          |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                                                          |            |            |             |                |             | 193,4715            |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                                          | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0030                                 | Aditivo plastificante e retardador tipo Plastiment ou similar - Caminhão carroceria 15 t | 5914655    | 0,00120    | t           | 21,1100        |             | 0,0253              |
| M0028                                 | Areia média - Caminhão basculante 10 m³                                                  | 5914647    | 0,70050    | t           | 0,9800         |             | 0,6865              |
| M0191                                 | Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³                                                      | 5914647    | 0,55800    | t           | 0,9800         |             | 0,5468              |
| M0192                                 | Brita 2 - Caminhão basculante 10 m³                                                      | 5914647    | 0,55800    | t           | 0,9800         |             | 0,5468              |
| M1954                                 | Cimento Portland CP II - 32 a granel - Caminhão silo 30 m³                               | 5914363    | 0,38000    | t           | 5,6400         |             | 2,1432              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                                          |            |            |             |                |             | 3,9487              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                                          | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                          |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M0030                                 | Aditivo plastificante e retardador tipo Plastiment ou similar - Caminhão carroceria 15 t | 0,00120    | tkm        | 5914449     | 5914464        | 5914479     | 0,0164              |
| M0028                                 | Areia média - Caminhão basculante 10 m³                                                  | 0,70050    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 51,4727             |
| M0191                                 | Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³                                                      | 0,55800    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,2455              |
| M0192                                 | Brita 2 - Caminhão basculante 10 m³                                                      | 0,55800    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,2455              |
| M1954                                 | Cimento Portland CP II - 32 a granel - Caminhão silo 30 m³                               | 0,38000    | tkm        | 5914364     | 5914365        | 5914366     | 36,1000             |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                                          |            |            |             |                |             | 88,0802             |
| Custo unitário direto total           |                                                                                          |            |            |             |                |             | 285,50              |

Fonte: Elaborado pelos autores

## **Apêndice B – Cálculo dos Custos Unitários do Pavimento Flexível**

Tabela 01 - 4011282 - Base ou sub-base de macadame hidráulico com brita comercial (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9571                                 | Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW            | 1,00000    | 0,68       | 0,32        | 148,8250       | 45,6631     | 115,8132            |
| E9514                                 | Distribuidor de agregados autopropelido - 130 kW               | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 181,7196       | 85,1724     | 181,7196            |
| E9762                                 | Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW        | 1,00000    | 0,78       | 0,22        | 131,5605       | 64,1999     | 116,7412            |
| E9530                                 | Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1,00000    | 0,63       | 0,37        | 123,3900       | 56,7208     | 98,7224             |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                |            |            |             |                |             | 512,9964            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                       | 1,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 17,8147             |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                |            |            |             |                |             | 17,8147             |
| Custo horário total de execução       |                                                                |            |            |             |                |             | 530,8111            |
| Custo unitário de execução            |                                                                |            |            |             |                |             | 3,9096              |
| Custo do FIC                          |                                                                |            |            |             |                |             | 0,0482              |
| Custo do FIT                          |                                                                |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0005                                 | Brita 0                                                        | 0,20000    | m³         |             | 62,5011        |             | 12,50022            |
| M0193                                 | Brita 3                                                        | 0,50000    | m³         |             | 54,0831        |             | 27,04155            |
| M0808                                 | Brita 4 (rachinha)                                             | 0,50000    | m³         |             | 53,7491        |             | 26,87455            |
| M1135                                 | Pó de pedra                                                    | 0,20000    | m³         |             | 50,4581        |             | 10,09162            |
| Custo horário total de material       |                                                                |            |            |             |                |             | 76,5079             |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                                |            |            |             |                |             | 80,4657             |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                            | 5914651    | 0,30000    | t           | 1,41           |             | 0,4230              |
| M0193                                 | Brita 3 - Caminhão basculante 10 m³                            | 5914651    | 0,75000    | t           | 1,41           |             | 1,0575              |
| M0808                                 | Brita 4 (rachinha) - Caminhão basculante 10 m³                 | 5914651    | 0,75000    | t           | 1,41           |             | 1,0575              |
| M1135                                 | Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m³                        | 5914651    | 0,30000    | t           | 1,41           |             | 0,4230              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                |            |            |             |                |             | 2,9610              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                            | 0,30000    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 1,0560              |
| M0193                                 | Brita 3 - Caminhão basculante 10 m³                            | 0,75000    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 2,6400              |
| M0808                                 | Brita 4 (rachinha) - Caminhão basculante 10 m³                 | 0,75000    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 2,6400              |
| M1135                                 | Pó de pedra - Caminhão basculante 10 m³                        | 0,30000    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 1,0560              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                |            |            |             |                |             | 7,3920              |
| Custo unitário direto total           |                                                                |            |            |             |                |             | 90,82               |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 02 - 4011276 - Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                                                | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                                                |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9571                                 | Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW                                            | 1,00000    | 0,34       | 0,66        | 148,8250       | 45,6631     | 80,7381             |
| E9514                                 | Distribuidor de agregados autopropelido - 130 kW                                               | 1,00000    | 0,80       | 0,20        | 181,7196       | 85,1724     | 162,4102            |
| E9524                                 | Motoniveladora - 93 kW                                                                         | 1,00000    | 0,52       | 0,48        | 164,9602       | 76,2493     | 122,3790            |
| E9762                                 | Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW                                        | 1,00000    | 0,65       | 0,35        | 131,5605       | 64,1999     | 107,9843            |
| E9530                                 | Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW                                 | 1,00000    | 0,52       | 0,48        | 123,3900       | 56,7208     | 91,3888             |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                                                |            |            |             |                |             | 564,9003            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                                       | 1,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 17,8147             |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                                                |            |            |             |                |             | 17,8147             |
| Custo horário total de execução       |                                                                                                |            |            |             |                |             | 582,7150            |
| Custo unitário de execução            |                                                                                                |            |            |             |                |             | 5,1486              |
| Custo do FIC                          |                                                                                                |            |            |             |                |             | 0,0634              |
| Custo do FIT                          |                                                                                                |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo horário total de material       |                                                                                                |            |            |             |                |             | -                   |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                                                | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| 6416040                               | Usinagem de brita graduada com brita comercial em usina de 300 t/h                             | 1,00000    | m³         |             | 95,05          |             | 95,0544             |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                                                |            |            |             |                |             | 95,0544             |
| Subtotal                              |                                                                                                |            |            |             |                |             | 100,2664            |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                                                | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| 6416040                               | Usinagem de brita graduada com brita comercial em usina de 300 t/h - Caminhão basculante 10 m³ | 5914652    | 2,10000    | t           | 1,8900         |             | 3,9690              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                                                |            |            |             |                |             | 3,9690              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                                                | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                                |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| 6416040                               | Usinagem de brita graduada com brita comercial em usina de 300 t/h - Caminhão basculante 10 m³ | 2,10000    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 7,3920              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                                                |            |            |             |                |             | 7,3920              |
| Custo unitário direto total           |                                                                                                |            |            |             |                |             | 111,63              |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 03 - 6416040 - Usinagem de brita graduada com brita comercial em usina de 300 t/h (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                         | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                         |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9511                                 | Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW | 1,00000    | 0,79       | 0,21        | 279,2476       | 115,2976    | 244,8181            |
| E9779                                 | Grupo gerador - 100/110 kVA                             | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 45,0868        | 5,5216      | 45,0868             |
| E9615                                 | Usina misturadora de solos com capacidade de 300 t/h    | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 120,4900       | 82,4570     | 120,4900            |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                         |            |            |             |                |             | 410,3949            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                         | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                | 5,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 89,0735             |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                         |            |            |             |                |             | 89,0735             |
| Custo horário total de execução       |                                                         |            |            |             |                |             | 499,4684            |
| Custo unitário de execução            |                                                         |            |            |             |                |             | 4,4130              |
| Custo do FIC                          |                                                         |            |            |             |                |             | -                   |
| Custo do FIT                          |                                                         |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                         | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0005                                 | Brita 0                                                 | 0,44070    | m³         |             | 62,5011        |             | 27,5442             |
| M0191                                 | Brita 1                                                 | 0,51300    | m³         |             | 61,3734        |             | 31,4846             |
| M0192                                 | Brita 2                                                 | 0,51300    | m³         |             | 55,5331        |             | 28,4885             |
| Custo horário total de material       |                                                         |            |            |             |                |             | 87,5173             |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                         | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                         |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                         |            |            |             |                |             | 91,9303             |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                         | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                     | 5914647    | 0,66105    | t           | 0,9800         |             | 0,6478              |
| M0191                                 | Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³                     | 5914647    | 0,76950    | t           | 0,9800         |             | 0,7541              |
| M0192                                 | Brita 2 - Caminhão basculante 10 m³                     | 5914647    | 0,76950    | t           | 0,9800         |             | 0,7541              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                         |            |            |             |                |             | 2,1560              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                         | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                         |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                     | 0,66105    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,2909              |
| M0191                                 | Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³                     | 0,76950    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,3386              |
| M0192                                 | Brita 2 - Caminhão basculante 10 m³                     | 0,76950    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,3386              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                         |            |            |             |                |             | 0,9680              |
| Custo unitário direto total           |                                                         |            |            |             |                |             | 95,05               |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 04 - 4011351 - Imprimação com asfalto diluído (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                            | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                            |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9509                                 | Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 130,5403       | 47,9058     | 130,5403            |
| E9558                                 | Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l                  | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 22,9791        | 15,6609     | 22,9791             |
| E9577                                 | Trator agrícola - 77 kW                                                    | 1,00000    | 0,33       | 0,67        | 79,1420        | 38,0095     | 51,5832             |
| E9544                                 | Vassoura mecânica rebocável                                                | 1,00000    | 0,33       | 0,67        | 5,0762         | 3,2633      | 3,8616              |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                            |            |            |             |                |             | 208,9642            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                            | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                   | 2,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 35,6294             |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                            |            |            |             |                |             | 35,6294             |
| Custo horário total de execução       |                                                                            |            |            |             |                |             | 244,5936            |
| Custo unitário de execução            |                                                                            |            |            |             |                |             | 0,2174              |
| Custo do FIC                          |                                                                            |            |            |             |                |             | 0,0013              |
| Custo do FIT                          |                                                                            |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                            | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0104                                 | Asfalto diluído CM 30                                                      | 0,00120    | t          |             | 3265,5133      |             | 3,9186              |
| Custo horário total de material       |                                                                            |            |            |             |                |             | 3,9186              |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                            | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                            |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                                            |            |            |             |                |             | 4,1374              |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                            | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                            |            |            |             |                |             | -                   |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                            | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                            |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M0104                                 | Asfalto diluído CM 30 - Equação tarifária                                  | 0,00120    | tkm        |             |                | X           | 0,1929              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                            |            |            |             |                |             | 0,1929              |
| Custo unitário direto total           |                                                                            |            |            |             |                |             | 4,33                |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 05 - 4011459 - Concreto asfáltico - faixa B - areia e brita comerciais (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                                                   | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                                                   |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9762                                 | Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW                                           | 1,00000    | 0,59       | 0,41        | 131,5605       | 64,1999     | 103,9427            |
| E9530                                 | Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW                                    | 1,00000    | 0,51       | 0,49        | 123,3900       | 56,7208     | 90,7221             |
| E9545                                 | Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW                                                  | 1,00000    | 0,89       | 0,11        | 159,6807       | 79,7319     | 150,8863            |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 345,5511            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                                                   | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                                          | 8,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 142,5176            |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 142,5176            |
| Custo horário total de execução       |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 488,0687            |
| Custo unitário de execução            |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 5,8803              |
| Custo do FIC                          |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 0,0362              |
| Custo do FIT                          |                                                                                                   |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                                                   | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo horário total de material       |                                                                                                   |            |            |             |                |             | -                   |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                                                   | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| 6416143                               | Usinagem de concreto asfáltico - faixa B - areia e brita comerciais                               | 1,02000    | t          |             | 222,64         |             | 227,0961            |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 227,0961            |
| Subtotal                              |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 233,0126            |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                                                   | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| 6416143                               | Usinagem de concreto asfáltico - faixa B - areia e brita comerciais - Caminhão basculante 10 m³   | 5914649    | 1,02000    | t           | 7,0400         |             | 7,1808              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 7,1808              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                                                   | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                                   |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| 6416143                               | Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais - Caminhão basculante de 10m³ | 1,02000    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 3,5904              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 3,5904              |
| Custo unitário direto total           |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 243,78              |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 06 - 6416143 - Usinagem de concreto asfáltico - faixa B - areia e brita comerciais (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                               | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                               |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9559                                 | Aquecedor de fluido térmico - 12 kW                                           | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 34,5122        | 16,2798     | 34,5122             |
| E9584                                 | Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW                       | 1,00000    | 0,58       | 0,42        | 279,2476       | 115,2976    | 210,3886            |
| E9021                                 | Grupo gerador - 456 kVA                                                       | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 173,7216       | 9,5066      | 173,7216            |
| E9558                                 | Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l                     | 2,00000    | 1,00       | 0,00        | 22,9791        | 15,6609     | 45,9582             |
| E9689                                 | Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 760,3239       | 404,8489    | 760,3239            |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                               |            |            |             |                |             | 1224,9045           |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                               | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                      | 8,00250    | h          |             | 17,8147        |             | 142,5621            |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                               |            |            |             |                |             | 142,5621            |
| Custo horário total de execução       |                                                                               |            |            |             |                |             | 1367,4666           |
| Custo unitário de execução            |                                                                               |            |            |             |                |             | 16,4755             |
| Custo do FIC                          |                                                                               |            |            |             |                |             | -                   |
| Custo do FIT                          |                                                                               |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                               | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0028                                 | Areia média                                                                   | 0,24528    | m³         |             | 48,0907        |             | 11,7957             |
| M0005                                 | Brita 0                                                                       | 0,16981    | m³         |             | 62,5011        |             | 10,6133             |
| M0191                                 | Brita 1                                                                       | 0,06289    | m³         |             | 61,3734        |             | 3,8598              |
| M0345                                 | Cal hidratada                                                                 | 47,16981   | kg         |             | 0,4377         |             | 20,6462             |
| M1943                                 | Cimento asfáltico CAP 50/70                                                   | 0,04717    | t          |             | 1898,2927      |             | 89,5425             |
| M1103                                 | Pedrisco                                                                      | 0,11950    | m³         |             | 66,5525        |             | 7,9530              |
| M1941                                 | Óleo combustível 1A                                                           | 8,00000    | l          |             | 1,8900         |             | 15,1200             |
| Custo horário total de material       |                                                                               |            |            |             |                |             | 159,5305            |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                               | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                               |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                                               |            |            |             |                |             | 176,0060            |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                               | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0028                                 | Areia média - Caminhão basculante 10 m³                                       | 5914647    | 0,36792    | t           | 0,9800         |             | 0,3606              |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                                           | 5914647    | 0,25472    | t           | 0,9800         |             | 0,2496              |
| M0191                                 | Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³                                           | 5914647    | 0,09434    | t           | 0,9800         |             | 0,0925              |
| M0345                                 | Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t                                      | 5914655    | 0,04717    | t           | 21,1100        |             | 0,9958              |
| M1103                                 | Pedrisco - Caminhão basculante 10 m³                                          | 5914647    | 0,17925    | t           | 0,9800         |             | 0,1757              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                               |            |            |             |                |             | 1,8741              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                               | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                               |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M0028                                 | Areia média - Caminhão basculante 10 m³                                       | 0,36792    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 27,0348             |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                                           | 0,25472    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,1121              |
| M0191                                 | Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³                                           | 0,09434    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,0415              |
| M0345                                 | Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t                                      | 0,04717    | tkm        | 5914449     | 5914464        | 5914479     | 10,0076             |
| M1943                                 | Cimento asfáltico CAP 50/70 - Equação tarifária                               | 0,04717    | tkm        |             |                | X           | 7,4883              |
| M1103                                 | Pedrisco - Caminhão basculante 10 m³                                          | 0,17925    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,0789              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                               |            |            |             |                |             | 44,7631             |
| Custo unitário direto total           |                                                                               |            |            |             |                |             | 222,64              |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 07 - 4011353 - Pintura de ligação (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                            | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                            |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9509                                 | Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 130,5403       | 47,9058     | 130,5403            |
| E9558                                 | Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l                  | 2,00000    | 1,00       | 0,00        | 22,9791        | 15,6609     | 45,9582             |
| E9577                                 | Trator agrícola - 77 kW                                                    | 1,00000    | 0,45       | 0,55        | 79,1420        | 38,0095     | 56,5191             |
| E9544                                 | Vassoura mecânica rebocável                                                | 1,00000    | 0,45       | 0,55        | 5,0762         | 3,2633      | 4,0791              |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                            |            |            |             |                |             | 237,0967            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                            | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                   | 2,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 35,6294             |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                            |            |            |             |                |             | 35,6294             |
| Custo horário total de execução       |                                                                            |            |            |             |                |             | 272,7261            |
| Custo unitário de execução            |                                                                            |            |            |             |                |             | 0,1818              |
| Custo do FIC                          |                                                                            |            |            |             |                |             | 0,0011              |
| Custo do FIT                          |                                                                            |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                            | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M1946                                 | Emulsão asfáltica RR-1C                                                    | 0,00045    | t          |             | 1556,5353      |             | 0,7004              |
| Custo horário total de material       |                                                                            |            |            |             |                |             | 0,7004              |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                            | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                            |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                                            |            |            |             |                |             | 0,8834              |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                            | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                            |            |            |             |                |             | -                   |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                            | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                            |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M1946                                 | Emulsão asfáltica RR-1C - Equação tarifária                                | 0,00045    | tkm        |             |                | X           | 0,0521              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                            |            |            |             |                |             | 0,0521              |
| Custo unitário direto total           |                                                                            |            |            |             |                |             | 0,94                |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 08 - 4011463 - Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                                                   | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                                                   |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9762                                 | Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW                                           | 1,00000    | 0,59       | 0,41        | 131,5605       | 64,1999     | 103,9427            |
| E9530                                 | Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW                                    | 1,00000    | 0,51       | 0,49        | 123,3900       | 56,7208     | 90,7221             |
| E9545                                 | Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW                                                  | 1,00000    | 0,89       | 0,11        | 159,6807       | 79,7319     | 150,8863            |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 345,5511            |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                                                   | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                                          | 8,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 142,5176            |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 142,5176            |
| Custo horário total de execução       |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 488,0687            |
| Custo unitário de execução            |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 5,8803              |
| Custo do FIC                          |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 0,0362              |
| Custo do FIT                          |                                                                                                   |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                                                   | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo horário total de material       |                                                                                                   |            |            |             |                |             | -                   |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                                                   | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| 6416078                               | Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais                               | 1,02000    | t          |             | 254,45         |             | 259,5424            |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 259,5424            |
| Subtotal                              |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 265,4589            |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                                                   | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| 6416078                               | Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais - Caminhão basculante de 10m³ | 5914649    | 1,02000    | t           | 7,0400         |             | 7,1808              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 7,1808              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                                                   | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                                                   |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| 6416078                               | Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais - Caminhão basculante de 10m³ | 1,02000    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 3,5904              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 3,5904              |
| Custo unitário direto total           |                                                                                                   |            |            |             |                |             | 276,23              |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 09 - 6416078 - Usinagem de concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (ADAPTADO)

| A - EQUIPAMENTOS                      |                                                                               | Quantidade | Utilização |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
|                                       |                                                                               |            | Operativa  | Improdutiva | Operativo      | Improdutivo |                     |
| E9559                                 | Aquecedor de fluido térmico - 12 kW                                           | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 34,5122        | 16,2798     | 34,5122             |
| E9584                                 | Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW                      | 1,00000    | 0,57       | 0,43        | 120,1817       | 52,6903     | 91,1604             |
| E9021                                 | Grupo gerador - 456 kVA                                                       | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 173,7216       | 9,5066      | 173,7216            |
| E9558                                 | Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l                     | 2,00000    | 1,00       | 0,00        | 22,9791        | 15,6609     | 45,9582             |
| E9689                                 | Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1,00000    | 1,00       | 0,00        | 760,3239       | 404,8489    | 760,3239            |
| Custo horário total de equipamentos   |                                                                               |            |            |             |                |             | 1105,6763           |
| B - MÃO DE OBRA                       |                                                                               | Quantidade | Unidade    |             | Custo Horário  |             | Custo Horário Total |
| P9824                                 | Servente                                                                      | 8,00000    | h          |             | 17,8147        |             | 142,5176            |
| Custo horário total de mão de obra    |                                                                               |            |            |             |                |             | 142,5176            |
| Custo horário total de execução       |                                                                               |            |            |             |                |             | 1248,1939           |
| Custo unitário de execução            |                                                                               |            |            |             |                |             | 15,0385             |
| Custo do FIC                          |                                                                               |            |            |             |                |             | -                   |
| Custo do FIT                          |                                                                               |            |            |             |                |             | -                   |
| C - MATERIAL                          |                                                                               | Quantidade | Unidade    |             | Preço Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0028                                 | Areia média                                                                   | 0,32704    | m³         |             | 48,0907        |             | 15,7276             |
| M0005                                 | Brita 0                                                                       | 0,12579    | m³         |             | 62,5011        |             | 7,8620              |
| M0345                                 | Cal hidratada                                                                 | 56,60377   | kg         |             | 0,4377         |             | 24,7755             |
| M1943                                 | Cimento asfáltico CAP 50/70                                                   | 0,05660    | t          |             | 1898,2927      |             | 107,4434            |
| M1103                                 | Pedrisco                                                                      | 0,13836    | m³         |             | 66,5525        |             | 9,2082              |
| M1941                                 | Óleo combustível 1A                                                           | 8,00000    | l          |             | 1,8900         |             | 15,1200             |
| Custo horário total de material       |                                                                               |            |            |             |                |             | 180,1366            |
| D - ATIVIDADES AUXILIARES             |                                                                               | Quantidade | Unidade    |             | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| Custo total das atividades auxiliares |                                                                               |            |            |             |                |             | -                   |
| Subtotal                              |                                                                               |            |            |             |                |             | 195,1751            |
| E - TEMPO FIXO                        |                                                                               | Código     | Quantidade | Unidade     | Custo Unitário |             | Custo Unitário      |
| M0028                                 | Areia média - Caminhão basculante 10 m³                                       | 5914647    | 0,49056    | t           | 0,9800         |             | 0,4807              |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                                           | 5914647    | 0,18869    | t           | 0,9800         |             | 0,1849              |
| M0345                                 | Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t                                      | 5914655    | 0,05660    | t           | 21,1100        |             | 1,1948              |
| M1103                                 | Pedrisco - Caminhão basculante 10 m³                                          | 5914647    | 0,20754    | t           | 0,9800         |             | 0,2034              |
| Custo unitário total de tempo fixo    |                                                                               |            |            |             |                |             | 2,0639              |
| F - MOMENTO DE TRANSPORTE             |                                                                               | Quantidade | Unidade    | DMT         |                |             | Custo Unitário      |
|                                       |                                                                               |            |            | LN          | RP             | P           |                     |
| M0028                                 | Areia média - Caminhão basculante 10 m³                                       | 0,49056    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 36,0463             |
| M0005                                 | Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³                                           | 0,18869    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,0830              |
| M0345                                 | Cal hidratada - Caminhão carroceria 15 t                                      | 0,05660    | tkm        | 5914449     | 5914464        | 5914479     | 12,0083             |
| M1943                                 | Cimento asfáltico CAP 50/70 - Equação tarifária                               | 0,05660    | tkm        |             |                | X           | 8,9854              |
| M1103                                 | Pedrisco - Caminhão basculante 10 m³                                          | 0,20754    | tkm        | 5914359     | 5914374        | 5914389     | 0,0913              |
| Custo unitário total de transporte    |                                                                               |            |            |             |                |             | 57,2143             |
| Custo unitário direto total           |                                                                               |            |            |             |                |             | 254,45              |

Fonte: Elaborado pelos autores